

Francisco Odécio Sales
(Organizador)



FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS:

Conhecimentos e pesquisas

Atena
Editora
Ano 2021

Francisco Odécio Sales
(Organizador)



FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS:

Conhecimentos e pesquisas

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

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.



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

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. 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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
 Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
 Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
 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. 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
 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 Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emídio 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
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 Gonçalves 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 Drª Fernanda 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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
 Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
 Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
 Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
 Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
 Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
 Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
 Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
 Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
 Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
 Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
 Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
 Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
 Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
 Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
 Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
 Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
 Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
 Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
 Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
 Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
 Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
 Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
 Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
 Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof. Me. Gustavo Krahel – Universidade do Oeste de Santa Catarina
 Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
 Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
 Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
 Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
 Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
 Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
 Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
 Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
 Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
 Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
 Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Formação interdisciplinar das ciências exatas: conhecimentos e pesquisas

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F723 Formação interdisciplinar das ciências exatas:
conhecimentos e pesquisas / Organizador Francisco
Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-119-7

<https://doi.org/10.22533/at.ed.197212806>

1. Ciências exatas. I. Sales, Francisco Odécio
(Organizador). II. Título.

CDD 507

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

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.

APRESENTAÇÃO

A obra “Formação Interdisciplinar das Ciências Exatas: Conhecimentos e Pesquisas” aborda um considerável acervo técnico-científico de publicação da Atena Editora. Este primeiro volume, apresenta 10 capítulos dedicados às Ciências Exatas. De leitura compreensível, com resultados relevantes envolvendo aplicações teóricas, práticas e atualizadas nas áreas de Matemática, Química e Física, a presente obra configura-se como um conglomerado de estudos que utilizam (não apenas) o raciocínio lógico, cálculos, modelagem e teste de hipóteses fortemente atrelados à área de Ciências Exatas; mas uma proposta contextual mais ampla através da resolução e direcionamento de inovação para manipulação de problemas atuais. O reconhecimento das Ciências Exatas como de grande utilidade e importância para a humanidade reside no fato dos avanços e inovações tecnológicas terem sido apresentadas desde muito tempo e em escala de descobertas bastante amplas, como no caso da eletricidade, computadores e smartphones, por exemplo; a até as temáticas abordadas na presente obra, sob caráter contemporâneo, como simulação computacional, modelagem, ensino de matemática, biocombustíveis, vulcanização, manipulação de resíduos industriais, ensaios eletroquímicos, química da nutrição, nanofibras, componentes poliméricos, fibras vegetais e suas propriedades mecânicas, educação de jovens e adultos, manipulação química de etanol de segunda geração, empregabilidade de novos componentes químicos sob contextos multidisciplinares e etc.

No meio profissional, os cursos ligados às Ciências Exatas ilustram um futuro promissor no mercado de trabalho devido ao seu amplo espectro funcional. Por isso, desperta o interesse de jovens estudantes, técnicos, profissionais e na sociedade como um todo, pois o ritmo de desenvolvimento atual observado em escala global gera uma robusta, consolidada e pungente demanda por mão-de-obra qualificada na área. Não obstante, as Ciências Exatas estão ganhando cada vez mais projeção, através da sua própria reinvenção frente às suas intrínsecas evoluções e mudanças de paradigmas impulsionadas pelo cenário tecnológico e econômico. Para acompanhar esse ritmo, a humanidade precisa de recursos humanos atentos e que acompanhem esse ritmo através da incorporação imediata de conhecimento com qualidade. Esperamos que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, possa representar como legado a oferta de conhecimento para capacitação de mão-de-obra através da aquisição de conhecimentos técnico científicos de vanguarda praticados por diversas instituições em âmbito nacional; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais (envolvidos direta e indiretamente) com as Ciências Exatas e a sociedade (como um todo) frente a construção de pontes de conhecimento de caráter lógico, aplicado e com potencial de transpor o limiar fronteiro do conhecimento, o que – inclusive – sempre caracterizou as Ciências Exatas ao longo dos tempos.

Francisco Odécio Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

O USO DA LINGUAGEM MATEMÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

José Rafael dos Santos

Fernanda dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128061>

CAPÍTULO 2..... 9

UFSC 100% ACESSÍVEL: MAPEAMENTOS PARA A CIDADANIA

Vivian da Silva Celestino Reginato

Cláudio Cesar Zimmermann

João Victor Hernandez Vianna Lemos Nappi

Ana Paula Albrecht de Sousa

Bruno Eduardo Bestetti

Anthony Aliardi

Camila Matos de Aquino

André Felipe Bózio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128062>

CAPÍTULO 3..... 24

CONTEÚDOS DE FÍSICA: UMA ANÁLISE DA REALIDADE DAS ESCOLAS ESTADUAIS DESEMBARGADOR VIDAL DE FREITAS E MARCOS PARENTE DE PICOS (PI) FRENTE AOS DOCUMENTOS OFICIAIS

Wenderson Lucas Cavalcante

Raul Oliveira Guimarães

Haroldo Reis Alves de Macêdo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128063>

CAPÍTULO 4..... 35

SENSORES DE GAS PREPARADOS A PARTIR DE ÓXIDOS SEMICONDUCTORES DOPADOS EMPLEADOS EN LA DETECCIÓN DE GASES ORGÁNICOS PRESENTES EN EL AROMA EN VINOS

Ana Lucía Paredes-Doig

María R. Sun-Kou

Elizabeth Doig-Camino

Gino Picasso

Adolfo La Rosa-Toro Gómez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128064>

CAPÍTULO 5..... 47

REALIDADE AUMENTADA APLICADA EM INFORMAÇÕES DE TEMPO E CLIMA

Kleber Renato da Paixão Ataíde

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128065>

CAPÍTULO 6.....	54
JASM: FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS	
Júlia Naelly Machado Silva	
Aléxya Maria Leonardo de Oliveira	
Marcos Pinho Nascimento	
Sandyelle Souza do Nascimento	
Abraão Leal Alves	
Thiciana Silva Sousa Cole	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128066	
CAPÍTULO 7.....	67
ETNOASTRONOMIA NA COMUNIDADE INDÍGENA TREMEMBÉ NO ESTADO DO CEARÁ: ONTOLOGIAS, SABERES E RESISTÊNCIA	
Ana Clara Souza Araújo	
Catarina Angélica Antunes da Silva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128067	
CAPÍTULO 8.....	78
ESTUDO NUMÉRICO DO EFEITO MAGNUS EM UMA GEOMETRIA ELÍPTICA	
Matheus Henrique Cavalheiro Garros	
Mayara Francisca de Souza	
Fernando Augusto Alves Mendes	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128068	
CAPÍTULO 9.....	90
CAMADA LIMITE NOTURNA NA INTERFACE RIO-FLORESTA NA AMAZÔNIA	
Raphael Tapajós	
Rodrigo da Silva	
Wilderclay Machado	
Diego Ribeiro de Aguiar	
Bruno Bota	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1972128069	
CAPÍTULO 10.....	106
APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS MOVÉIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	
Kleiane Ngalho Gatinho	
Suelen Rocha Botão Ferreira	
Welberth Santos Ferreira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19721280610	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	116
ÍNDICE REMISSIVO.....	117

ESTUDO NUMÉRICO DO EFEITO MAGNUS EM UMA GEOMETRIA ELÍPTICA

Data de aceite: 01/06/2021

Matheus Henrique Cavalheiro Garros

Universidade Federal da Grande Dourados,
Faculdade de Engenharia, Engenharia de
Energia

Dourados – Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/9452222790993351>

Mayara Francisca de Souza

Universidade Federal da Grande Dourados,
Faculdade de Engenharia, Engenharia de
Energia

Dourados – Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/4576408657367822>

Fernando Augusto Alves Mendes

Universidade Federal da Grande Dourados,
Faculdade de Engenharia, Engenharia de
Energia

Dourados – Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/2906435134319800>

RESUMO: O Efeito Magnus é definido como o surgimento de uma força de sustentação em corpos simétricos devido ao movimento de rotação, quando submetidos a um escoamento. Utilizando o software OpenFOAM®, foi possível simular essa situação, para uma condição de sustentação negativa, em cilindros elípticos, variando a razão de aspecto de 1 até 0,25, para um número de Reynolds fixo em 200. Com esses dados se obteve resultados que indicam um comportamento de período, com máximos e mínimos tanto na sustentação, quanto no arrasto. O comportamento do módulo da razão C_s/C_a

(Coeficiente de sustentação sobre coeficiente de arrasto) se mostra parabólico, atingindo seu valor máximo para a menor razão de aspecto, devido a queda do coeficiente de arrasto, mesmo com o aumento de seus valores máximos, causado pelas maiores áreas normais ao escoamento em determinados períodos com as menores razões de aspecto, mas que são compensadas pela diminuição da área normal nos outros momentos do período rotativo.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentação, Efeito Magnus, Cilindro, Elipse, OpenFOAM.

NUMERICAL STUDY OF THE MAGNUS EFFECT IN AN ELLIPTICAL GEOMETRY

ABSTRACT: The Magnus Effect is defined as the emergence of a lift force on symmetrical bodies due to rotational motion when subjected to a flow. Using the software OpenFOAM®, it was possible to simulate this situation, for a negative lift condition, in elliptical cylinders, varying the aspect ratio from 1 to 0.25, for a Reynolds number fixed at 200. With these data, results were obtained that indicate a periodic behavior, with maxima and minima in both lift and drag. The absolute value of the ratio C_s/C_a (Lift coefficient divided by drag coefficient) shows a parabolic behavior, reaching its maximum value for the lowest aspect ratio, due to the decrease of the drag coefficient, even with the increase of its maximum values, caused by the bigger normal areas to the flow in certain periods with the lower aspect ratios, but that is compensated by the decrease of the normal area in the other moments of the rotating period.

KEYWORDS: Lift, Magnus Effect, Cylinder, Ellipse, OpenFOAM.

1 | INTRODUÇÃO

Em corpos aerodinâmicos convencionais, de maneira geral, existe a ação de quatro forças (Fig.1), a força de arrasto, a força de sustentação, o empuxo e a força peso. Cada uma dessas forças ocorre devido a perturbações que podem ser notadas facilmente analisando-se as linhas de corrente formadas pelo escoamento.

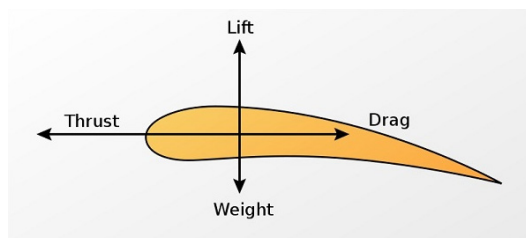


Figura 1: Forças aerodinâmicas

Fonte: Agência Nacional de Aviação Civil. Da esquerda para direita em sentido horário: empuxo, sustentação, arrasto e peso.

Ao se atribuir uma velocidade de rotação em um corpo simétrico, serão criadas regiões de alta e outra de baixa pressão. Esse efeito é conhecido como Efeito Magnus, recebeu esse nome em homenagem ao cientista alemão Heinrich Magnus (1802 – 1880), que foi o primeiro a estudar a sustentação em corpos rotativos.

Na Fig. 2 é mostrada de forma clara como isso ocorre, onde o cilindro com rotação anti-horário comprime as linhas de corrente da região inferior de maneira muito mais agressiva do que ocorre na parte superior, gerando uma sustentação negativa.

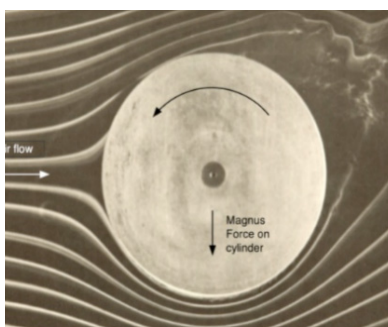


Figura 2: Efeito Magnus em corpo circular

Fonte: Cross, R apud Brown, F. (1981)

Observado em esportes e recentemente utilizado em montagens experimentais para turbinas eólicas, como estudado por Jinbo *et al.* (2016), onde se constatou melhorias no aproveitamento dos sistemas eólicos, ou na utilização aeronáutica e em embarcações, como exposto por Seifert (2012).

De modo geral, a análise desse tipo de escoamentos, principalmente no que diz respeito a mensurar as forças aerodinâmicas, requer um aparato experimental de certa complexidade. Como um túnel de vento com uma balança devidamente calibrada, além da aplicação de técnicas de visualização, como a utilização de fumaça. Assim, softwares capazes de realizar esses testes para obtenção de resultados preliminares, são de grande valor.

Softwares capazes de simular o escoamento de fluidos são classificados como *softwares* CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Diversas empresas possuem suas próprias plataformas CFD, mas algumas se destacam por serem OpenSource, uma dessas é o OpenFOAM® (*Open Source Field Operation and Manipulation*), uma plataforma amplamente utilizada e totalmente gratuita. Interfaces gráficas podem ser utilizadas juntamente com esse software, com o intuito de facilitar o processo de *meshing*, a configuração da simulação, e a análise dos resultados, já que a utilização do *software* é baseada no sistema de pastas e arquivos (Fig. 3), onde as configurações da simulação são escritas nos arquivos, que o programa lerá a partir de comandos em um terminal.

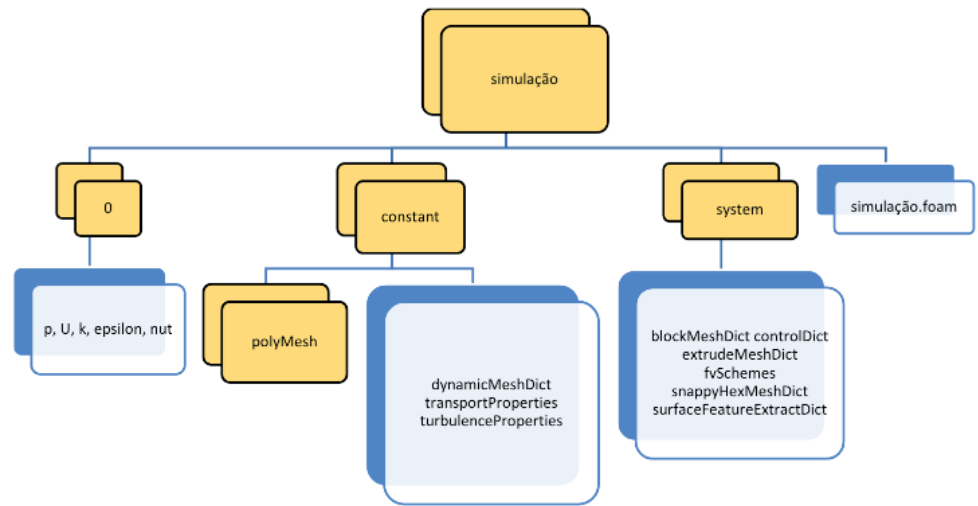


Figura 3: Arquivos do OpenFOAM

Fonte: Autor (2020)

2 | OBJETIVOS

O principal objetivo da presente pesquisa foi quantificar as forças aerodinâmicas de corpos elípticos em rotação, utilizando um *software* livre para realização de simulações computacionais (OpenFOAM®) de modo a verificar sua utilização de maneira confiável como uma alternativa em meio aos conhecidos softwares pagos, bem como mensurar a viabilidade de corpos rotativos para aplicações que necessitem de sustentação, variando a razão de aspecto dos corpos, para um número de Reynolds fixo.

3 | METODOLOGIA

Para as simulações foi utilizado um computador com as seguintes especificações:

- Intel® Core i3 4005U 1,70 GHz, 2 núcleos físicos e 2 digitais, com 4 GB de memória RAM

O número de Reynolds escolhido para a simulação foi 200, para essa quantidade, Mittal e Kumar (2003), mostraram que o escoamento se mantém laminar. A partir do número de Reynolds é possível definir a velocidade inicial do escoamento e a velocidade de rotação, tendo definido o comprimento específico D, no caso, o diâmetro do cilindro circular. As equações a seguir foram as usadas para determinação da velocidade do escoamento e da velocidade de rotação:

$$v = \frac{Re \cdot \mu}{\rho D} \quad (1)$$

$$\omega = \frac{2v\alpha}{D} \quad (2)$$

Nesse estudo, variou-se a razão de aspecto, b/a, entre os valores de 1 a 0,25, onde **a** representa o diâmetro D do cilindro circular, e b o diâmetro reduzido para as elipses. A Tab. 1 representa as condições iniciais e características da simulação.

Comprimento característico (m)	0,05
Reynolds	200
Viscosidade cinemática do ar, nível do mar e a 20°C	1,51E-05
Massa específica do ar, nível do mar e a 20°C (kg/m3)	1,225
Razão de velocidades α	0,5
Velocidade do ar ambiente na entrada do domínio-fluido (m/s)	0,0604
Velocidade de rotação do cilindro (rad/s) ω	1,208

Tabela 1: Dados físicos da simulação

O OpenFOAM foi utilizado no Linux Ubuntu 20.04 LTS, rodando no Subsistema Windows para Linux do Windows® 10. O software SimFlow® foi utilizado para a configuração da simulação, e para a criação do domínio simulado. O domínio-fluido foi configurado como mostrado na Fig. 4, determinando-se uma velocidade normal a superfície de entrada, e uma zona rotativa em torno do corpo equivalente a $6/5$ do seu diâmetro. A malha utilizada foi baseada no trabalho de Lua, *et al.*, 2017. A condição “empty” para a vista frontal e traseira da malha é necessária visto que o OpenFOAM® não trabalha nativamente com simulações 2D, sendo necessário a utilização de um domínio unidimensional na direção normal a sua superfície e a condição “empty” para a região frontal e traseira.

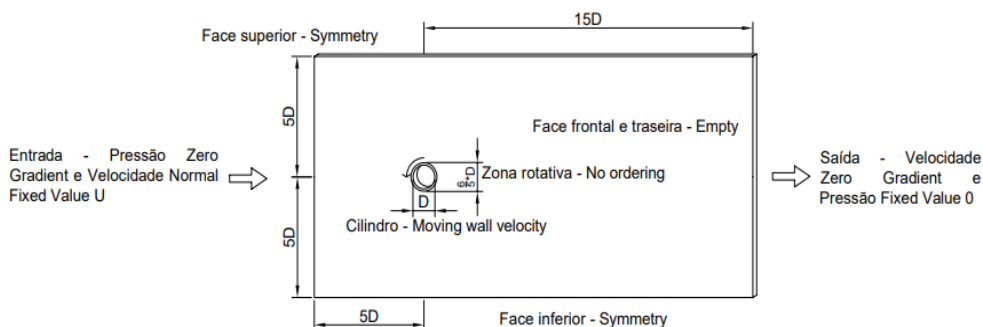


Figura 4: Domínio-fluido

Fonte: Autor (2020)

Para o processo de *meshing*, é necessário primeiro a criação do domínio-fluido como um todo, ou seja, uma “caixa” com dimensões $20D \times 10D \times 0,4D$, as dimensões da direção z podem ser arbitrárias, visto que a simulação será 2D. Devido as simulações com os cilindros elípticos, se torna necessário a utilização de uma malha dinâmica, portanto, é preciso criar uma *cellzone* e baffles (para permitir que seja possível definir as condições de contorno nas faces da região) para a zona rotativa, afim de se ter uma *Arbitrary Mesh Interface* (AMI) que permite definir que a malha representada pela zona rotativa conseguirá se movimentar livremente e ao mesmo tempo se comunicar com o restante do domínio.

Após essa etapa é possível executar os comandos necessários, que foram configurados nos arquivos *blockMeshDict* e *snappyHexMeshDict*. Sendo necessário refinar a malha nas zonas mais importantes do escoamento, como em torno dos cilindros, e na região de esteira. Após esse processo, a AMI (The OpenFOAM Foundation) é criada, permitindo configurar a região rotativa através do arquivo *dynamicMeshDict* (Fig. 5).

```

FoamFile
{
    version 2.0;
    class dictionary;
    format ascii;
    location "constant";
    object dynamicMeshDict;
}
dynamicFvMesh dynamicMotionSolverFvMesh;
motionSolverLibs (O);
solver solidBody;
solidBodyCoeffs
{
    cellZone rotating_zone;
    solidBodyMotionFunction rotatingMotion;
    rotatingMotionCoeffs
    {
        axis (0.0 0.0 1.0);
        omega 1.208;
        origin (0.0 0.0 0.0);
    }
}

```

Figura 5: *DynamicMeshDict*

Fonte: Autor

Após esse processo, é necessário configurar o *extrudeMeshDict*, pois o *snappyHexMesh* sempre refina as malhas em 3 dimensões, criando assim mais do que 1 célula na direção z, tornando impossível realizar a simulação em apenas duas dimensões. Assim, é necessário mudar os parâmetros no arquivo como mostra a imagem abaixo, onde é possível notar que o processo foi definido para ocorrer na direção z, com apenas uma *layer*, e largura 0,02 m.

```

FoamFile
{
    version 2.0;
    format ascii;
    class dictionary;
    location "system";
    object extrudeMeshDict;
}
constructFrom patch;
sourceCase "";
sourcePatches (front);
exposedPatchName back;
flipNormals true;
extrudeModel linearDirection;
nLayers 1;
expansionRatio 1;
linearDirectionCoeffs
{
    direction (0.0 0.0 1.0);
    thickness 0.02;
}
mergeFaces false;
mergeTol 0;

```

Figura 6: Configuração do *ExtrudeMeshDict*

Fonte: Autor (2020)

Com isso, foi possível chegar na malha desejada, como ilustrado abaixo. As figuras (a) e (c), referem-se a malha inicial, mostrando a vista frontal e a saída do domínio, e as figuras (b) e (d) mostram o resultado obtido com o passo citado anteriormente. Na figura (e) é possível notar zona rotativa envolvendo o cilindro elíptico, e nas figuras (f), (g) e (h) é ilustrado o movimento de rotação da malha dinâmica. A tabela 2 mostra o tamanho da malha que foi obtida.

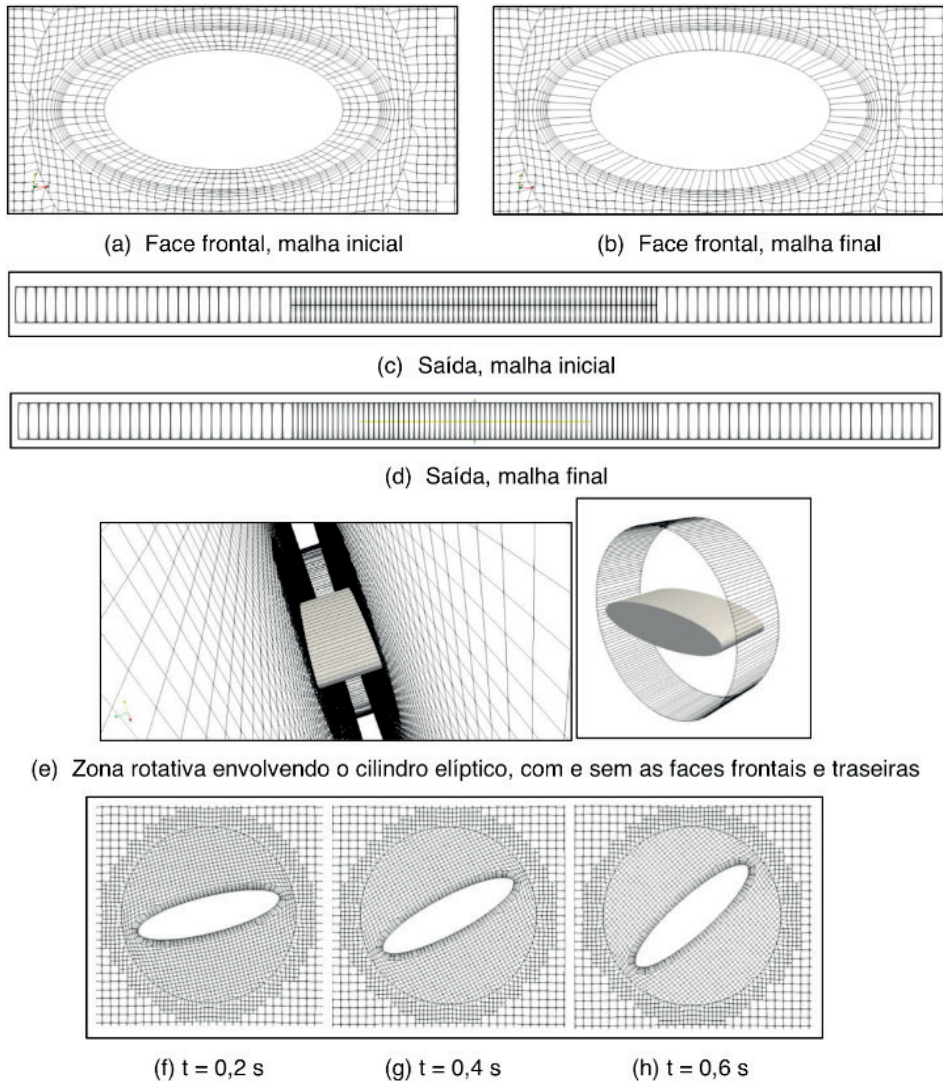


Figura 7: Resultado obtido com o *extrudeMesh*

Fonte: Autor (2020)

Células totais	33412
hexaédricas	32972
prismas	40
poliédricas	400

Tabela 2: Características da malha

Para a simulação, o *solver* escolhido foi o *PIMPLE* (pimpleFoam). As equações de momento foram resolvidas utilizando o método *upwind* de segunda ordem (linearUpwindV grad(U)). Para a discretização temporal um método implícito de segunda ordem foi escolhido (*backward*). O utilizou-se um *TimeStep* variável afim de manter o número de Courant sempre abaixo de 0,5. A definição de todos esses fatores foi baseada tanto no trabalho de Lua, *et al.*, 2017, como em referências externas [2]. As forças de sustentação e arrasto, são dadas pelas equações 3 e 4.

$$F_s = \frac{C_{sp} V^2 A}{2} \quad (3)$$

$$F_a = \frac{C_{ap} V^2 A}{2} \quad (4)$$

4 | RESULTADOS

Os dados obtidos foram muito próximos dos obtidos por Lua, *et al.*, 2017, usando o *software Fluent®*, validando, portanto, a utilização do OpenFOAM frente a outros programas comerciais consolidados. O principal resultado obtido para análise foram os coeficientes de arrasto e sustentação, calculados em pós processamento pelo software através do ficheiro *controlDict*, onde foram inseridos o eixo de rotação, a área de referência (calculado com o comprimento de referência) e a velocidade do ar na entrada do domínio. Desse modo, se pode obter os dados abaixo:

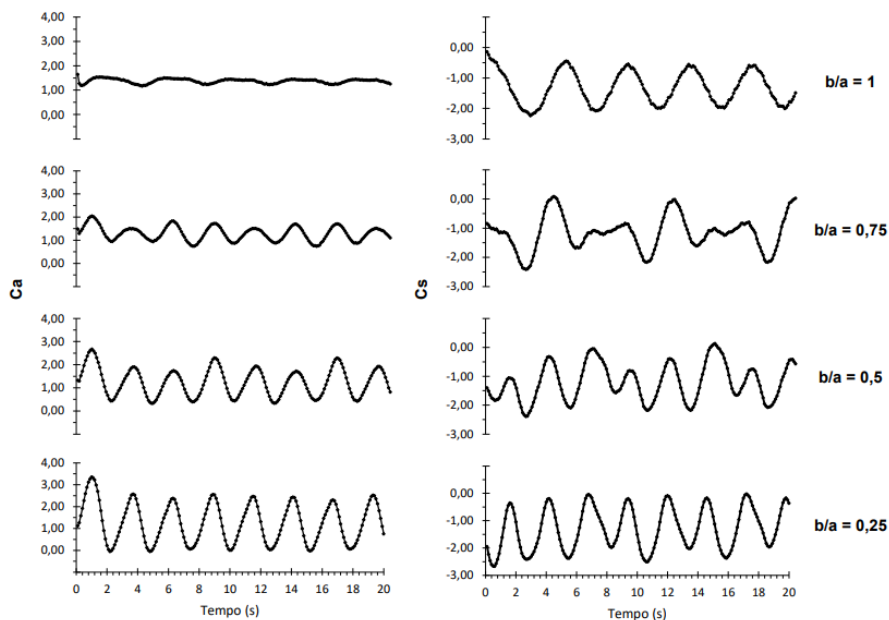


Figura 8: Gráficos dos coeficientes de arrasto e sustentação instantâneos

Fonte: Autor (2020)

Os coeficientes têm um perfil periódico, tendo picos de valores máximos e mínimos. Nota-se que durante, aproximadamente, os primeiros 2 segundos de simulação os dados ainda não estão estabilizados, sendo levemente maiores, ou menores, do que os períodos que vieram em sequência. Desse modo, para determinação dos coeficientes médios, apenas os valores calculados após os primeiros 5 segundos foram levados em consideração, considerando que o escoamento já estivesse em regime permanente.

Na figura abaixo, foram plotados os coeficientes de arrasto e sustentação médios e máximos para o período considerado como regime permanente. Desse modo nota-se o comportamento do coeficiente de arrasto, que, em média, aumenta com o aumento da razão de aspecto, mas em contrapartida, tem seu valor máximo com o menor valor da razão. Isso se deve ao fato de para os cilindros mais achatados, a área do escoamento varia rapidamente de acordo com a rotação do corpo, fazendo que o arrasto máximo, que ocorre para a máxima área, dure pouco tempo.

Para o coeficiente de sustentação, considerando que existe um arrasto **negativo** para a situação simulada, os coeficientes médios aumentam (pioram) até a razão de 0,5, voltando a cair (melhorar) para a razão de 0,25. Isso não se observa para os valores mínimos, que diminuem com a diminuição da razão, novamente, assim como no arrasto, o ponto de máxima sustentação negativa é igual ao ponto de menor área, portanto, quanto mais achatado a elipse, maior será a sustentação negativa.

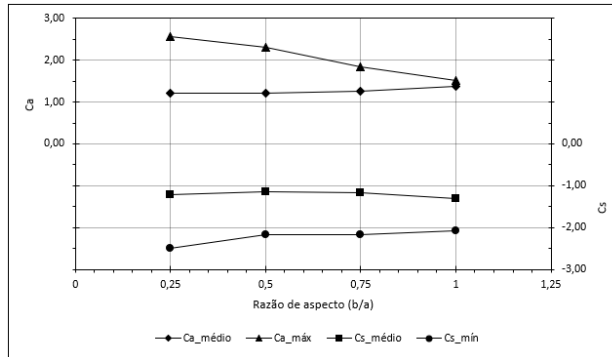


Figura 9: Gráficos dos coeficientes de arrasto e sustentação médios

Fonte: Autor (2020)

As imagens a seguir foram escolhidas no momento de maior área, e de menor área, para o gradiente de pressões. Se observa que, para a maior área, a área normal ao escoamento do ar, existe uma alta pressão devido ao choque da corrente de ar com o objeto, fazendo com que o arrasto seja bastante acentuado. Isso não ocorre durante os momentos de menor área, proporcionando um arrasto significativamente menor. Por esse motivo, o coeficiente de arrasto aumenta, e o coeficiente de sustentação diminui com a alteração da razão de aspecto.

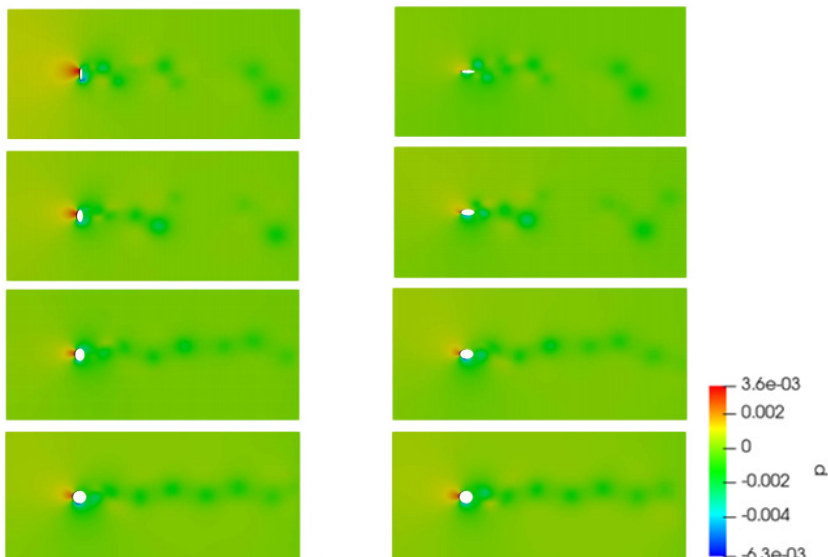


Figura 10: Gradiente de pressões durante os momentos de menor e maior área normal ao escoamento para as 4 razões de aspecto ($t = 19,5$ e $18,2$ – respectivamente)

Fonte: Autor (2020)

Para o coeficiente de sustentação, é mais fácil a percepção da influência da rotação pelo gradiente de velocidade, como mostra a figura abaixo. Percebe-se facilmente que a região inferior dos cilindros, onde a direção e o sentido da velocidade tangencial se igualam a velocidade de escoamento do ar, ocorre o aumento da velocidade do escoamento, e, portanto, a queda da pressão, proporcionando a existência de uma força de arrasto negativa. De modo análogo, para a região superior, nota-se que embora a direção das velocidades seja a mesma, o seu sentido é contrário, tendo assim, uma região de baixas velocidades e alta pressão.

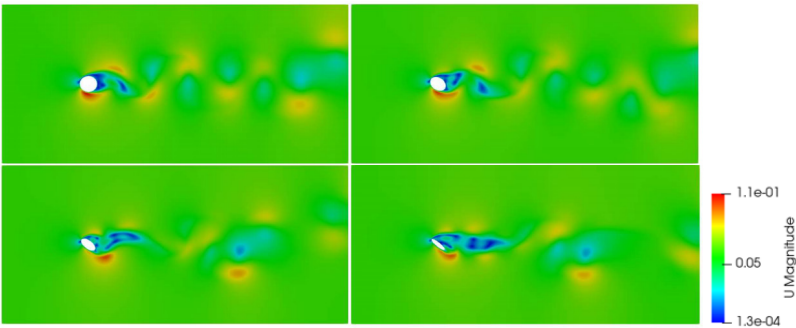


Figura 11: Gradiente de velocidades para as 4 razões de aspecto ($t = 15$ segundos)

Fonte: Autor (2020)

De modo a mensurar, os valores de sustentação em relação ao arrasto, o gráfico do módulo razão dos coeficientes em função da razão foi plotado. Desse modo, nota-se o comportamento quadrático dos dados obtidos, sendo possível prever pela linha de tendências, que com a diminuição da razão a sustentação venha a crescer de forma mais acelerada do que o arrasto.

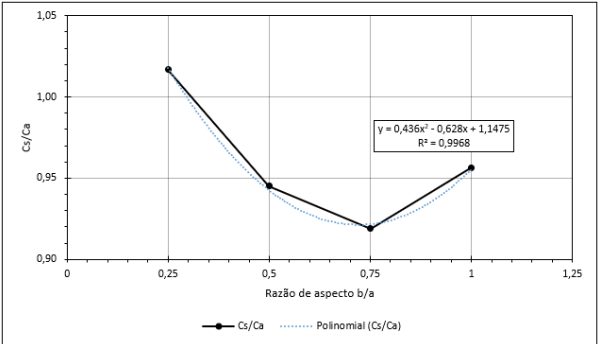


Figura 12: Razão de coeficientes em função da razão de aspecto

Fonte: Autor (2020)

5 | CONCLUSÃO

De modo geral, foi possível validar a utilização do OpenFOAM ao comparar os resultados obtidos nesse trabalho com resultados obtidos no trabalho de referência utilizando plataformas comerciais. Assim, conclui-se que a razão de aspecto do cilindro afeta os pontos máximos e mínimos dos coeficientes, além de mudar o perfil da periodicidade dos mesmos, mas, em pouco afeta os coeficientes médios.

Conclui-se que é preciso mensurar a influência de outros fatores, como o aumento do número de Reynolds e o aumento da razão de velocidade, afim de verificar, individualmente e de forma combinada, a influência dessas variáveis sobre o escoamento.

Como a utilização do Efeito Magnus tem como ponto de partida a utilização da força de sustentação para as mais diversas atividades, torna-se inviável apenas a redução da razão de aspecto para a faixa de Reynolds estudada, como pode ser notado pelos gráficos expostos no decorrer do trabalho, para que a sustentação crescesse mais que o arrasto, seria necessário a utilização de perfis com uma relação b/a extremamente baixa, o que pode ser impraticável para determinadas atividades.

REFERÊNCIAS

BROWN, F.N.M. "See the wind Blow". University of Notre Dame. 1971 France.

CROSS, R. "Wind Tunnel Photographs". In: **Physics Department, University of Sydney**, Sydney p. 1-8. Disponível em: <http://www.physics.usyd.edu.au/~cross/TRAJECTORIES/Fluidflow%20Photos.pdf/>. Acesso em: mai. 2020.

JINBO *et al.* "Turbina eólica de efeito Magnus: modelagem, protótipos e MPPT". In: **Matemática aplicada à indústria: problemas e métodos de solução**, São Paulo, p. 209-228. Blucher, 2016. Disponível em: <https://openaccess.blucher.com.br/download-pdf/307/20002/>. Acesso em: mai. 2020.

LUA, K.B.; LU, H.; LIM, T.T. "Rotating Elliptic Cylinders: in a Uniform Cross Flow". In: **Journal of Fluids and Structures**, National Chiao Tung University, Taiwan, p. 37-50. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2017.12.023/>. Acesso em: mai. 2020.

MITTAL, S., KUMMAR, B., "Flow past a rotating cylinder". In: **Journal of Fluid Mechanics**, Cambridge, p. 476;303-334. Cambridge University, England. Acesso em: mai. 2020.

OPENFOAM: THE OPEN SOURCE CFD TOOLBOX. **6.2 Numerical Schemes**. Disponível em: <https://www.openfoam.com/documentation/user-guide/fvSchemes.php/>. Acesso em: mai. 2020.

SEIFERT, J. "A review of the Magnus Effect in Aeronautics". em *progress in: Aerospace Sciences*. **Manching**, Germany, 2012. Acesso em: mai. 2020.

THE OPENFOAM FOUNDATION. **OpenFOAM 2.3.0: Arbitrary Mesh Interface**. Disponível em: <https://openfoam.org/release/2-3-0/non-conforming-ami/>. Acesso em: mai. 2020.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 22, 23

Aroma of wines 35, 36

C

Cilindro 78, 79, 81, 84, 89

Comunicação 5, 11, 13, 15, 106, 107, 109

Currículo de física 24, 26, 28, 29, 33

E

Efeito magnus 78, 79, 89

Elipse 78, 86

Ensino-aprendizagem 2, 5, 55, 56, 57, 62, 63, 65, 106, 112, 113

Ensino médio 3, 4, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 54, 56, 57, 60, 65, 66, 111

Etnoastronomia 67, 68, 69, 72, 73, 75, 76

F

Física 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 17, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 48, 67, 105, 106, 111, 113, 116

Flona Tapajós 90, 91

Formação inicial de professores 33, 54, 55

G

Gas sensors 36, 46

Geoprocessamento 47, 48, 49

H

Humanidade 67

I

Informação 29, 32, 47, 106, 108, 109, 114

J

Jamaraquá 90, 91, 92, 94, 95, 96

Jogo didático 54, 55, 63, 65, 66

M

Mapeamento 10, 12

Matemática 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 33, 68, 89, 116

Meteorologia 47, 52, 104, 105

MOS 35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 45

Multidisciplinaridade 10

N

Noble metals 36

O

OpenFOAM 78, 80, 82, 85, 89

P

PCN 24, 25, 28, 29, 30, 32, 33

Pessoas com Deficiência (PcD) 10, 11, 13, 15, 23

PIBID 7, 54, 55, 57, 63, 64, 65

Povos 67, 68, 69, 70, 73, 75, 77

Q

Química orgânica 55, 56, 60, 64

R

Realidade aumentada 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Rio Tapajós 90, 97, 98, 105

S

Sustentação 78, 79, 81, 85, 86, 87, 88, 89

T

Tecnologias 33, 47, 48, 52, 106, 109, 113, 114

U

Unity3d 47

FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS:

Conhecimentos e pesquisas



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Ano 2021

FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR DAS CIÊNCIAS EXATAS:

Conhecimentos e pesquisas



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Ano 2021