

Jeferson Diehl de Oliveira
João Batista Campos Silva
Domisley Dutra Silva
Elaine Maria Cardoso

INTRODUÇÃO À MECÂNICA DOS FLUIDOS

Volume 1



INTRODUÇÃO À MECÂNICA DOS FLUIDOS

Blucher

Jeferson Diehl de Oliveira
João Batista Campos Silva
Domisley Dutra Silva
Elaine Maria Cardoso

INTRODUÇÃO À MECÂNICA DOS FLUIDOS

Volume 1

Introdução à mecânica dos fluidos, vol. 1

© 2025 Jeferson Diehl de Oliveira, João Batista Campos Silva, Domisley Dutra Silva, Elaine Maria Cardoso
Editora Edgard Blücher Ltda.

Publisher Edgard Blücher

Editor Eduardo Blücher

Coordenador editorial Rafael Fulanetti

Coordenação de produção Ana Cristina Garcia

Preparação de texto Lígia Alves

Produção editorial Juliana Midori Horie

Diagramação Horizon Soluções Editoriais

Capa Juliana Midori Horie

Imagem da capa iStockphoto

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar
CEP 04531-934 – São Paulo – SP – Brasil
Tel.: 55 11 3078-5366
contato@blucher.com.br
www.blucher.com.br

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 6. ed.
do Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa,
Academia Brasileira de Letras, julho de 2021.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer
meios sem autorização escrita da editora.

Todos os direitos reservados pela Editora
Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Heytor Diniz Teixeira, CRB-8/10570

Oliveira, Jeferson Diehl de
Introdução à mecânica dos fluidos / Jeferson Diehl de Oliveira
et al. – São Paulo: Blucher, 2025.
1 v. (148 p. : il.)

Bibliografia
ISBN 978-65-5550-287-9 (Impresso)
ISBN 978-65-5550-288-6 (Eletrônico - Epub)
ISBN 978-65-5550-284-8 (Eletrônico - PDF)

1. Mecânica dos fluidos. 2. Engenharia mecânica. 3. Equações de Navier-Stokes. 4. Modelagem de fluidos. 5. Cinemática dos meios deformáveis. 6. Dinâmica dos meios deformáveis. 7. Conservação de energia em meios deformáveis. 8. Teoria e princípios da engenharia mecânica. I. Título.

CDU 532:621.01

Índices para o catálogo sistemático:

- | | |
|---|------------|
| 1. Mecânica dos fluidos | CDU 532 |
| 2. Teoria e princípios da engenharia mecânica | CDU 621.01 |

Aos nossos familiares,
pelo apoio incondicional em cada passo desta jornada.
O autor Jeferson Diehl de Oliveira dedica esta obra, em especial,
à sua esposa, Fernanda, e à sua mãe, Claci.

Agradecimentos

A realização deste livro foi possível graças ao apoio de diversas pessoas e instituições, às quais os autores expressam a sua mais profunda gratidão.

Agradecemos à Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Unesp (PROPG) pelo suporte essencial à publicação desta obra, fortalecendo a disseminação do conhecimento na área de Engenharia e Ciências Mecânicas.

Às nossas famílias, pelo incentivo constante e compreensão durante as horas dedicadas a este projeto.

Aos colegas pesquisadores e professores, cujas discussões e colaborações foram fundamentais para enriquecer o conteúdo aqui apresentado.

Aos nossos alunos, por desafiarem e renovarem nosso compromisso com o ensino e a pesquisa, motivando-nos a sempre buscar a melhor forma de transmitir o conhecimento.

Por fim, agradecemos a todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste livro. Que ele sirva como uma ferramenta útil para estudantes e profissionais que desejem aprofundar-se nos fundamentos da mecânica dos fluidos.

Conteúdo

Prefácio	11
1 Introdução	13
1.1 Preliminares	13
1.2 Conservação da massa	15
1.3 Conservação da quantidade de movimento	16
1.4 Hipótese do contínuo	16
Referências	19
Exercícios propostos	20
2 Fundamentos matemáticos	23
2.1 Escalares e vetores	23
2.2 Operações com vetores	24
2.2.1 Adição de vetores	26
2.2.2 Multiplicação de um vetor por um escalar	27
2.2.3 Representação de vetores em termos de suas coordenadas	27
2.2.4 Produto escalar de vetores	29
2.2.5 Produto vetorial ou produto cruzado (\times)	29
2.2.6 Produto escalar triplo	30
2.3 Notação indicial	31
2.4 Delta de Kronecker	32
2.5 Símbolo de permutação	33
2.6 Característica simétrica ou antissimétrica	34
2.7 Operações com vetores em notação indicial	35
2.7.1 Produto escalar	35
2.7.2 Produto vetorial	35
2.7.3 Produto escalar triplo	35
2.7.4 Identidade ϵ - δ	35
2.8 Alguns campos vetoriais	36
2.8.1 Gradiente de um escalar	37
2.8.2 Divergente	40
2.8.3 Rotacional	43
2.8.4 Teoremas integrais	47
2.9 Definição matemática de um vetor	52
2.10 Definição matemática de um tensor	55
2.10.1 Produto escalar	56
2.10.2 Produto vetorial	57
2.10.3 Produto tensorial (díade)	58
2.10.4 Produto escalar duplo ou dupla contração	58
2.10.5 Tensor simétrico e antissimétrico	59
2.10.6 Tensores especiais	60

2.10.7	Sistemas de coordenadas curvilíneas ortogonais	63
	Referências	71
	Exercícios propostos	72
3	Cinemática dos meios deformáveis	77
3.1	Descrições Lagrangiana e Euleriana	77
3.2	Caracterização de um elemento de fluido	79
3.3	Derivadas material (substancial) e espacial	80
3.4	Trajatória, linhas de corrente e de emissão	82
3.5	Descrição matemática da dilatação	86
3.6	Equação diferencial da conservação da massa	89
3.7	Teorema do transporte de Reynolds (TTR)	91
3.8	Tensor gradiente de velocidade	93
3.9	Tensor taxa de deformação	95
3.10	Tensor vorticidade	100
3.11	Movimento geral de um elemento de volume	103
	Referências	104
	Exercícios propostos	105
4	Dinâmica dos meios deformáveis	107
4.1	Forças em meios deformáveis	107
4.2	Conservação do momento linear	108
4.3	Tensor tensão de Cauchy	109
4.4	Simetria do tensor tensão	111
4.5	Exemplos de aplicações da equação do movimento de Cauchy	113
4.5.1	Hidrostática	113
4.5.2	Forças sobre corpos em escoamento em regime permanente	115
	Referências	118
	Exercícios propostos	119
5	Conservação da energia em meios deformáveis	121
5.1	Equação da energia mecânica	122
5.2	Equação da energia térmica	123
5.3	Segunda lei da termodinâmica	125
5.4	Fluidos stokesianos	128
5.5	Hipótese de Fourier	130
5.6	Considerações sobre viscosidade e condutividade térmica	130
5.7	Equações gerais do movimento	133
5.8	Equação da energia térmica para fluidos newtonianos	135
	Referências	145
	Exercícios propostos	146