

The background features a complex technical illustration of various gears and mechanical components. A prominent blue diagonal shape, resembling a stylized gear or a section of a machine, cuts across the image from the top-left towards the bottom-right. The overall aesthetic is clean and technical, with a color palette dominated by light blues, greys, and white.

**Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)**

Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica 2

Atena
Editora
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias na
Engenharia Mecânica
2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

I34 Impactos das tecnologias na engenharia mecânica 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-85-7247-247-0

DOI 10.22533/at.ed.470190504

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa – Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Série.

CDD 670.427

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

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

Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas. Nesta obra é conciliada duas atividades essenciais a um engenheiro mecânico: Projetos e Simulação.

É possível observar que na última década, a área de projetos e simulação vem ganhando amplo destaque, pois através de simulações pode-se otimizar os projetos realizados, reduzindo o tempo de execução, a utilização de materiais e os custos finais.

Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens nos projetos dentro da grande área das engenharias.

Trabalhos envolvendo simulações numéricas, tiveram um grande avanço devido a inserção de novos softwares dedicados a áreas específicas, auxiliando o projetista em suas funções. Sabe-los utilizar de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Neste livro são apresentados vários trabalhos, alguns com resultados práticos, sobre simulações em vários campos da engenharia industrial, elementos de maquinas e projetos de bancadas práticas.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a projetar e fabricar sistemas mecânicos e industriais.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
RESOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DA DIFUSÃO UNIDIMENSIONAL COM SOLUÇÃO SUAVE UTILIZANDO MALHA ADAPTATIVA	
<i>Gabriel Marcos Magalhães</i> <i>Hélio Ribeiro Neto</i> <i>Aristeu da Silveira Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905041	
CAPÍTULO 2	14
USO DE MALHAS NÃO-ESTRUTURADAS NA RESOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DA DIFUSÃO	
<i>Gabriel Marcos Magalhães</i> <i>Alessandro Alves Santana</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905042	
CAPÍTULO 3	29
MÉTODOS NUMÉRICOS: DIFERENÇAS FINITAS E GUIA DE ONDAS DIGITAIS 1D E 2D - COMPARATIVO DE FREQUÊNCIAS	
<i>Brenno Lobo Netto Peixoto</i> <i>Marlipe Garcia Fagundes Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905043	
CAPÍTULO 4	43
INFLUÊNCIA DA DISCRETIZAÇÕES ESPACIAL E TEMPORAL EM PROBLEMA PURAMENTE ADVECTIVO	
<i>Thiago Fernando Santiago de Freitas</i> <i>Andreia Aoyagui Nascimento</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905044	
CAPÍTULO 5	53
FRONTEIRA IMERSA PARA CORPOS ESBELTOS	
<i>João Rodrigo Andrade</i> <i>Aristeu Silveira Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905045	
CAPÍTULO 6	61
MATHEMATICAL AND NUMERICAL MODELLING OF GAS-SOLID TURBULENT FLOWS IN COMPLEX GEOMETRIES	
<i>Stella Rodrigues Ferreira Lima Ribeiro</i> <i>Letícia Raquel de Oliveira</i> <i>João Marcelo Vedovoto</i> <i>Aristeu da Silveira Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905046	
CAPÍTULO 7	69
ESTUDO NUMÉRICO DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA TRANSIENTE EM PLACAS	
<i>William Denner Pires Fonseca</i>	

*Taísa Santos Machado
Eduardo Mendonça Pinheiro
José Felipe Lopes de Carvalho
Sidney da Conceição Alves
Thiago Santana de Oliveira*

DOI 10.22533/at.ed.4701905047

CAPÍTULO 8 83

IDENTIFICAÇÃO EXPERIMENTAL E PROJETO DE UM PID PARA UM SERVOMECANISMO

*Wesley Pereira Marcos
Rodrigo Hiroshi Murofushi
Bruno Luiz Pereira*

DOI 10.22533/at.ed.4701905048

CAPÍTULO 9 98

MODELAGEM ESTOCÁSTICA DE ESTRUTURAS COMPÓSITAS CONTENDO SHUNT RESISTIVO PARA O CONTROLE PASSIVO DE VIBRAÇÕES

*Lorrane Pereira Ribeiro
Antônio Marcos Gonçalves de Lima
Victor Augusto da Costa Silva*

DOI 10.22533/at.ed.4701905049

CAPÍTULO 10 114

PROJETO E ANÁLISE DE VIBRAÇÕES POR ELEMENTOS FINITOS DE UM CHASSI TIPO SPACE FRAME MINI-BAJA

*Marcos Claudio Gondim
Ellberlandyo Lima Grangeiro
Antonio Eurick Soares Campelo
Lucas Rodrigues Oliveira
Bruno de Oliveira Carvalho*

DOI 10.22533/at.ed.47019050410

CAPÍTULO 11 126

SIMULAÇÕES DOS ESFORÇOS VIBRACIONAIS DO CABO CAA 795 MCM (TERN) ATRAVÉS DE MÉTODOS ANALÍTICOS E NUMÉRICOS DE VIBRAÇÃO

*Jhonattan Dias
Rodrigo Canestraro Quadros
Marcos Jose Mannala
Marcio Tonetti*

DOI 10.22533/at.ed.47019050411

CAPÍTULO 12 133

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE FREIO APLICADO A UM VEÍCULO OFF-ROAD DO TIPO BAJA-SAE

*Felipe Alencar Motta
Lucas Rocha Dias da Silva*

DOI 10.22533/at.ed.47019050412

CAPÍTULO 13	146
OTIMIZAÇÃO DA ESCOLHA DA RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES ATRAVÉS DE MODELAGEM MATEMÁTICA: O PROJETO BAJA SAE	
<i>Pedro Melo Biz</i> <i>Leonardo Gomes</i> <i>Antônio Brasil</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050413	
CAPÍTULO 14	157
ANÁLISE CINEMÁTICA DE SUSPENSÃO TRAILING ARM COM CAMBER LINKS PARA VEÍCULO OFF-ROAD	
<i>Francisco José Rodrigues de Sousa Júnior</i> <i>João Lucas Jacob Araújo</i> <i>Gustavo Luis dos Santos Silva</i> <i>Antônio Ítalo Rodrigues Pedrosa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050414	
CAPÍTULO 15	169
APLICAÇÃO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS DE 2ª ORDEM EM SUSPENSÃO VEICULAR	
<i>Alaí de Souza Machado</i> <i>Pedro Henrique Rodrigues Taveira</i> <i>Filipe Gomes Soares</i> <i>Domingos dos Santos Ponciano</i> <i>Marcus Victor de Brito Rodrigues</i> <i>João Lucas Jacob Araújo</i> <i>Gean Carlos Moura Mota</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050415	
CAPÍTULO 16	178
ANÁLISE AERODINÂMICA: SIMULAÇÃO FLUIDO DINÂMICA DO PROTÓTIPO EC-05 DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA EQUIPE COYOTE	
<i>Paulo Henrique Pereira Araujo</i> <i>Josué Alves Rodrigues Junior</i> <i>Thaiane Mayara Marques Licar</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050416	
CAPÍTULO 17	190
APLICAÇÃO DE SISTEMAS NEURO-FUZZY NA PREDIÇÃO DO COEFICIENTE DE SUSTENTAÇÃO DO AEROFÓLIO NACA 1412	
<i>Vitor Taha Sant'Ana</i> <i>Bruno Luiz Pereira</i> <i>Tobias Moraes</i> <i>Roberto Mendes Finzi Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050417	

CAPÍTULO 18	195
AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE CONTROLE ATIVO DE RUÍDO EM VENEZIANAS ACÚSTICAS COM CONFIGURAÇÕES DISTINTAS VIA ELEMENTOS FINITOS	
<i>Geisa Arruda Zuffi</i>	
<i>Fabiana Alves Pereira</i>	
<i>Marcus Antonio Viana Duarte</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050418	
CAPÍTULO 19	203
ABSORVEDORES ACÚSTICOS DE RUÍDO: MODELAGEM NUMÉRICA	
<i>Fabiana Alves Pereira</i>	
<i>Geisa Arruda Zuffi</i>	
<i>Israel Jorge Cárdenas Nuñez</i>	
<i>Marcus Antonio Viana Duarte</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050419	
CAPÍTULO 20	211
INVESTIGAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ESCOLHA DAS DIMENSÕES DO RECEPTOR NO MÉTODO DO TRAÇADO DE RAIOS ACÚSTICOS	
<i>Henrique Gebran Silva</i>	
<i>Marlipe Garcia Fagundes Neto</i>	
<i>Pollyana Alves Resende</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050420	
SOBRE OS ORGANIZADORES	228

FRONTEIRA IMERSA PARA CORPOS ESBELTOS

João Rodrigo Andrade

Laboratório de Mecânica dos Fluidos,
Departamento de Engenharia Mecânica,
Universidade Federal de Uberlândia, Campus
Santa Mônica, Bloco 5P, Uberlândia, Minas
Gerais, Brasil.

Aristeu Silveira Neto

Laboratório de Mecânica dos Fluidos,
Departamento de Engenharia Mecânica,
Universidade Federal de Uberlândia, Campus
Santa Mônica, Bloco 5P, Uberlândia, Minas
Gerais, Brasil.

RESUMO: A metodologia de fronteira imersa (FI) se presta a aplicar as condições de contorno em escoamentos sobre corpos imersos cuja malha computacional não seja alinhada com a geometria do obstáculo. Esta metodologia tem sido aplicada em simulações de escoamentos envolvendo a presença de corpos de geometria complexas e/ou em movimento. Apesar das grandes vantagens dos métodos de fronteira imersa, é mostrado no presente trabalho que algumas dificuldades e desafios são encontrados quando este é empregado, especialmente em escoamentos sobre corpos de geometria esbelta e quinas agudas. No presente trabalho, dois objetivos foram propostos. Primeiramente, avaliar a acurácia e eficiência dos métodos de FI em simulações sobre corpos com geometria altamente esbelta e irregular e implementar

um método numérico capaz de satisfazer as condições de contorno dessas geometrias. Foi testado e validado o caso de um escoamento sobre uma placa plana vertical.

PALAVRAS CHAVE: método da fronteira imersa, corpo de geometria esbelta, método da múltipla imposição da força, método de volumes fantasmas locais.

ABSTRACT: The immersed boundary (IB) methods are used to enforce boundary conditions on surfaces not aligned with the computational mesh in a numerical simulation. Despite the great advantages of the immersed boundary methodology, it is shown in this work that some difficulties and challenges are posed when it is used to simulate the flow past sharp geometries. In present work, two main objectives are proposed: first, to assess the accuracy and efficiency of IB methods in simulations of flows past immersed bodies with highly sharp corners or thin plates. Secondly, we implement a numerical method which is able to satisfy these flow conditions. First, an extensive bibliographic review was conducted in order to know and understand the different immersed boundary methods; in the second stage it was presented and implemented a local directional ghost cell approach.

1 | INTRODUÇÃO

Nas soluções tecnológicas e desafios da mecânica dos fluidos computacional, uma grande proporção dos problemas convencionalmente enfrentados, tanto no âmbito industrial quanto no acadêmico, são estabelecidos em escoamentos sobre corpos de geometrias complexas, o que implica em um grande desafio do ponto de vista numérico. Por exemplo, na Fig. (1) é observado um escoamento sobre uma turbina eólica, um caso de geometria complexa e móvel dentro do escoamento.

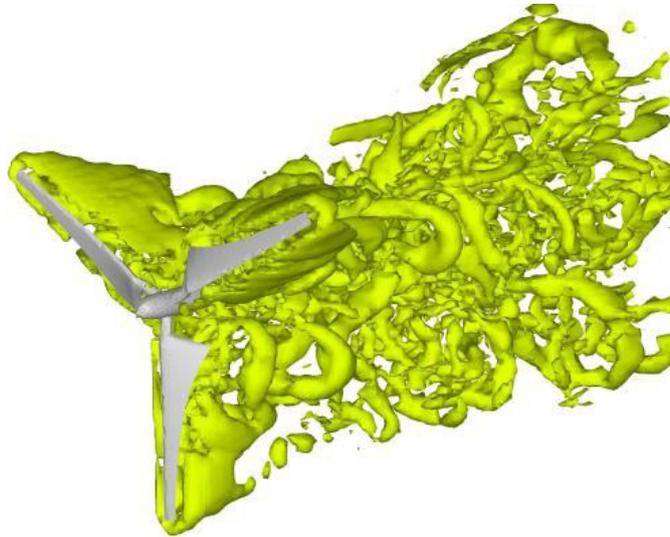


Figura 1. Escoamento sobre uma turbina eólica.

Visando contornar esta dificuldade, diferentes estratégias e métodos numéricos foram criados para tratar e resolver este grupo de escoamentos. A mais utilizada atualmente na indústria e meio acadêmico e com já comprovada utilidade, eficiência e confiabilidade é o uso de malhas não estruturadas que são conformadas de acordo com as geometrias presentes no escoamento. Apesar das conhecidas vantagens, esse método exige certa experiência do usuário para construir uma malha eficiente e pode exigir um maior esforço computacional caso exista movimentação do corpo. Outra possível solução, já bastante conhecida academicamente, mas pouco difundida na indústria, é a utilização de malhas cartesianas com aplicação do método de fronteira imersa, que de um ponto de vista prático são independentes da complexidade das geometrias envolvidas. A Fig. (2) ilustra a diferença básica entre um escoamento modelado por uma malha irregular conformada ao corpo imerso e por uma malha cartesiana aplicando o método de fronteira imersa.

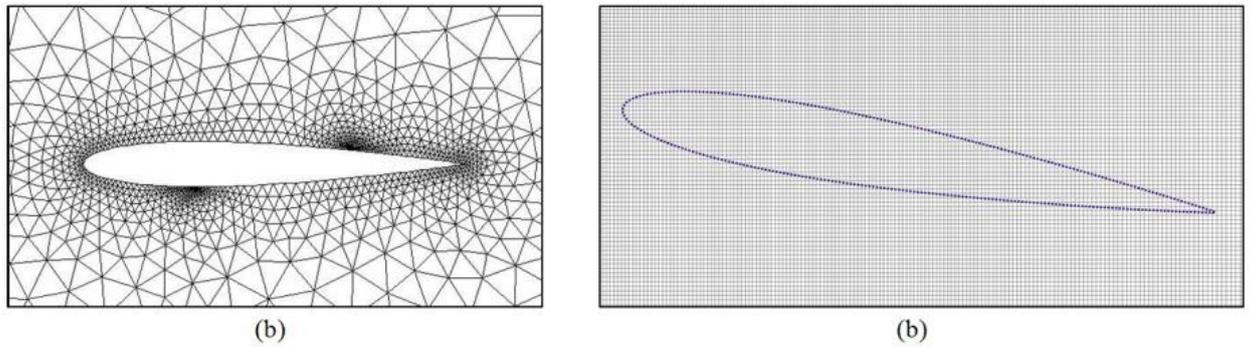


Figura 2. Modelo numérico representativo de um perfil aerodinâmico NACA0012: (a) Malha irregular adaptada ao perfil; (b) Malha cartesiana sobreposta por um conjunto de pontos representando o perfil.

Apesar de consideráveis vantagens, um problema geral dos métodos de fronteira imersa reside no fato de que em sua grande maioria eles não são adequados para tratar escoamentos que passam nas vizinhanças de interfaces esbeltas como, por exemplo, um perfil de aerofólio ou uma folha. Tendo em vista esse problema, um estudo bibliográfico foi realizado para o devido conhecimento dos métodos existentes na literatura e a implementação do método de fronteira imersa com volumes fantasmas locais.

2 | FORMULAÇÃO DIFERENCIAL

Visando a modelagem do escoamento de interesse, consideram-se a equação da continuidade e a equação de Navier- Stokes com o termo de força de interface , que confere ao escoamento a presença do sólido imerso. O balanço de massa (equação da continuidade), para um escoamento incompressível, é descrito em notação indicial pela Eq. (1):

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

O balanço de quantidade de movimento linear para um fluido Newtoniano, em notação indicial, é dado por:

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(u_j u_i)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + f_i \quad (2)$$

3 | MODELAGEM NUMÉRICA

No presente trabalho foi utilizado o código IMERSGHOST, este algoritmo foi implementado em MATLAB pelo próprio autor e resolve as equações de Navier-Stokes. Emprega o método dos volumes finitos com malha cartesiana. Apresenta

variáveis escalares centradas e variáveis vetoriais deslocadas, este código resolve o escoamento na sua forma bidimensional, utilizando as equações de transporte nas formas não conservativas. As discretizações dos termos difusivo e advectivo são feitas com Esquema de Diferenças Centradas (CDS). Uma aproximação totalmente explícita é adotada, utilizando o método de Euler de primeira ordem como integrador temporal. A equação de correção de pressão é resolvida pelo método da projeção baseado na técnica do passo fracionado, resultando em uma equação de Poisson. Apresenta o método de fronteira imersa com volumes fantasmas locais para o cálculo de escoamentos sobre corpos sólidos

4 | MÉTODO DA FRONTEIRA IMERSA

O método de fronteira imersa (*Immersed Boundary Method – IB*) surgiu como uma alternativa eficiente aos métodos cujas malhas se ajustam às fronteiras (*body-fitted*) para tratamento de problemas envolvendo geometrias complexas, móveis e deformáveis. As Figs. (3)-a, b e c, respectivamente, ilustram quatro diferentes tipos de malhas que se ajustam às fronteiras do problema: malha regular estruturada, malha regular não estruturada, malha não estruturada e por fim a malha representando a fronteira imersa, todas representam a mesma geometria.

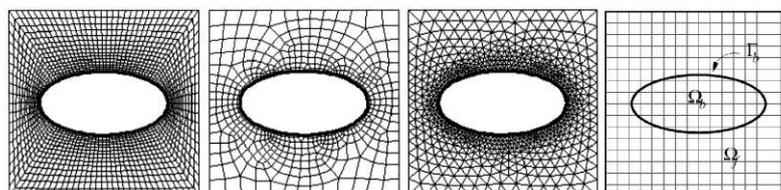


Figura 3. Malhas estruturadas e não estruturadas adaptadas ao corpo (MITTAL; IACCARINO, 2005).

4.1 Relevância do método de fronteira imersa

De acordo com Meül (2006), podem-se citar várias vantagens do método de fronteira imersa quando comparado aos métodos tradicionais de malha adaptada ao corpo, são elas: facilidade para tratamento de geometrias complexas, facilidade para tratamento de corpos em movimento, menor número de operações por volume discretizado, facilidade na paralelização do domínio, dentre outros.

4.2 Restrições do método

Apesar das grandes vantagens, há, porém, desvantagens que devem ser levadas em consideração. O tratamento das condições de contorno não são evidentes e requerem métodos complexos de interpolação, outro problema se baseia que o tamanho da malha (número de pontos ou células no domínio) aumenta consideravelmente mais com o aumento do número de Reynolds em uma malha cartesiana uniforme do que

em uma malha conformada ao corpo.

Outro problema, já citado anteriormente, é a fragilidade de grande parte dos métodos de fronteira imersa a corpos que possuem quinas esbeltas ou planos bastante finos, pois alguns métodos de interpolação não são adequados para estes tipos de geometrias, e. g., métodos que espalham a função de forçamento em regiões não pontuais. Na Fig. (4) pode-se ver a região de interpolação e distribuição da velocidade e força, respectivamente, em corpo com geometria esbelta e aguda, nela nota-se que a região de distribuição de um ponto lagrangiano da superfície superior do corpo atinge regiões que estão abaixo da superfície inferior do corpo.

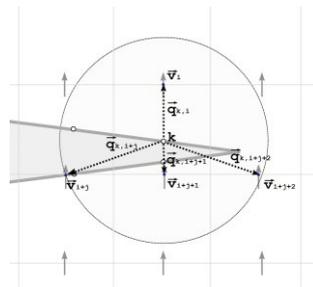


Figura 4. Representação da região de distribuição da força de interface em uma fronteira imersa com geometria esbelta. Onde os termos \vec{v} , \vec{q} e k representam, respectivamente, a velocidade vertical na face do volumes euleriano, o vetor partindo do ponto lagrangiano até o ponto de face da célula euleriana e o ponto lagrangiano.

4.3 Método Implementado

A fim de estabelecer comparações relativas ao tratamento de corpos com geometrias esbeltas, foi implementado e testado o método de imposição direta da condição de contorno chamado de método de volumes fantasmas locais, este método prometer ser capaz de resolver o problema de escoamento sobre corpos de geometrias esbeltas graças a seu tratamento especial de regiões descontínuas.

4.3.1 Fronteira imersa com volume fantasma local

O presente método se diferencia dos métodos de volumes fantasmas tradicionais apresentados anteriormente principalmente na forma em que as células fantasmas são extrapoladas e atualizadas, pois as células internas ao corpo imerso não são diretamente utilizadas, apenas suas coordenadas são tidas como referencias para operações de extrapolação. Os volumes fantasmas são atualizados de tal maneira que o campo de velocidade satisfaz tanto a fronteira imersa quanto a restrição de incompressibilidade no final de cada passo de tempo.

De maneira geral o método diferencia e classifica os volumes eulerianos nas seguintes classificações:

- Células inativas ou sólidas;
- Células ativas ou de fluido.
 - Células regulares;

- Células irregulares.

A classificação é feita da seguinte forma: volumes nos quais o centro está no interior da fronteira imersa são considerados inativos, enquanto aqueles que estão no exterior da fronteira imersa são considerados ativos. Dentre as células ativas, estas podem ser classificadas como regulares e irregulares. São irregulares as células cortadas pela superfície da fronteira imersa ou então se, ao menos, um de seus volumes vizinhos é cortado, caso contrário esta célula é regular.

Após obtida a classificação acima, efetuam-se interpolações e extrapolações nos volumes irregulares, de tal maneira que nesses volumes a velocidade é imposta. Já nos pontos regulares vizinhos à fronteira imersa, deve-se alterar suas equações discretizadas para velocidade e pressão de tal forma que valores do fluido no interior do corpo imerso não são empregados.

5 | RESULTADOS

Testou-se o caso do escoamento sobre uma placa plana vertical. Comparações foram feitas com resultados provenientes da literatura. Este caso é comparado com os trabalhos de Berthelsen e Faltinsen (2007), Koumoutsakos e Shiels (1996) e Tanji e Honji (1971).

O esquema de configuração do escoamento é ilustrado na Fig. (5), onde é ilustrada a placa vertical posicionada no domínio numérico.

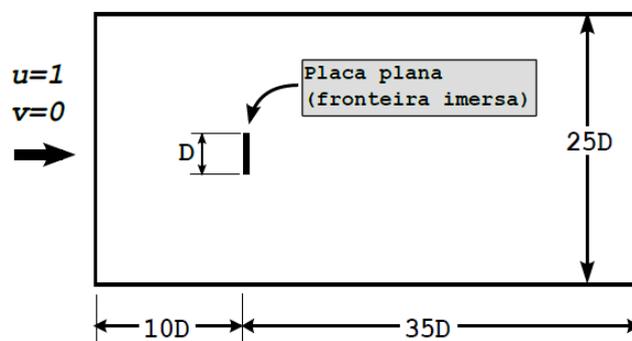


Figura 5. Representação esquemática do escoamento laminar sobre uma placa plana de comprimento e espessura infinitamente pequena.

A performance do método é apresentada para um número de Reynolds $Re = 126$ baseado no comprimento vertical da placa e na velocidade imposta no perfil de entrada $u = 1 \text{ m/s}$. Nesse escoamento, após determinado intervalo de tempo, instabilidades laminares são geradas. Devido a este fator, as comparações realizadas são relativas a uma evolução temporal, o presente escoamento possui carácter transitório. A Fig. (6) ilustra a avanço temporal do problema. É representado o campo instantâneo de vorticidade para os instantes adimensionais $tU_\infty/D = 0,1; 3,1; 9,2$ e $20,6$.

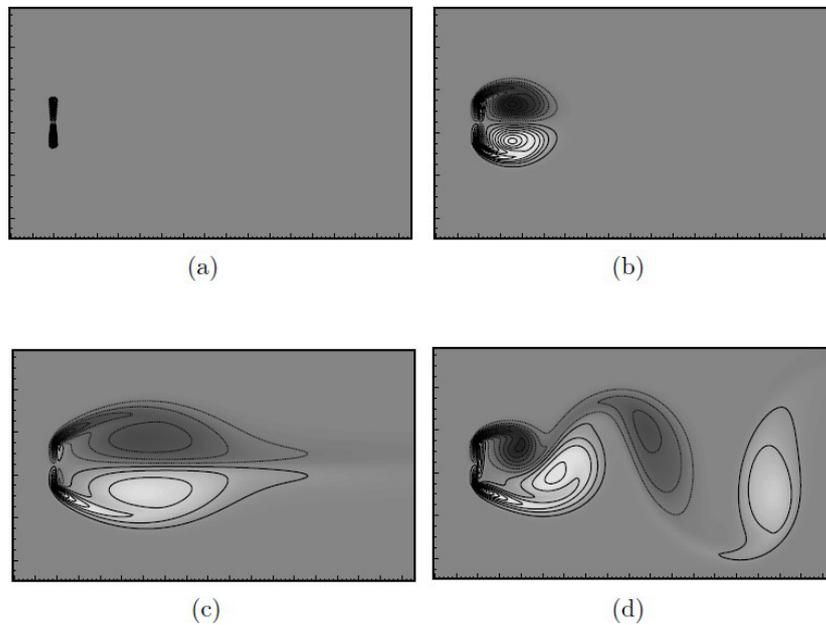


Figura 6. Visualização ampliada, nas proximidades da fronteira imersa, do campo instantâneo de vorticidade do escoamento com iso-contornos sobre uma placa plana para $Re = 126$: (a) $tU_\infty/D = 0,1$; (b) $tU_\infty/D = 3,1$; (c) $tU_\infty/D = 9,2$; (d) $tU_\infty/D = 20,6$.

As Figs. 7-(a) e (b) mostram, respectivamente, a pressão normalizada ou coeficiente de pressão e a distribuição da vorticidade na superfície da placa a jusante e a montante no escoamento no tempo adimensional $tU_\infty/D = 1,0$, nota-se que nas bordas inferior e superior da placa há uma menor concordância entre os resultados do presente trabalho e de Berthelsen e Faltinsen (2007), este fato pode ser atribuído à malha empregada no escoamento, no trabalho de Berthelsen e Faltinsen (2007) foi utilizada malha adaptativa com alto nível de refinamento localizado nas proximidades da placa.

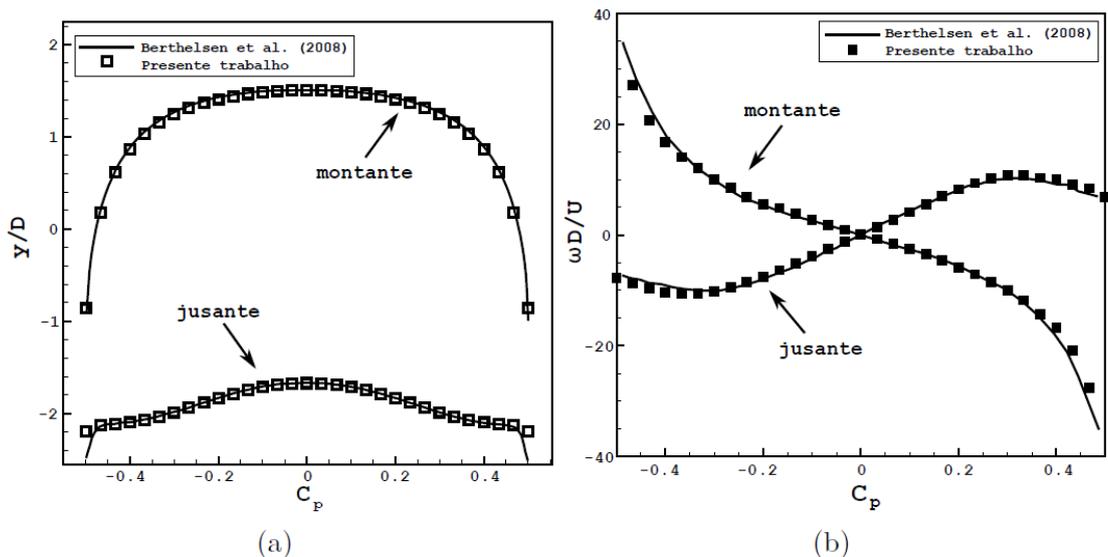


Figura 7. Comparação da distribuição de variáveis na superfície da placa plana no tempo adimensional $tU_\infty/D = 1,0$. (a) Distribuição da pressão normalizada; (b) Distribuição da vorticidade normalizada.

AGRADECIMENTOS

O autor gostaria de agradecer ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia e ao Laboratório de Mecânica dos Fluidos por todos os recursos disponibilizados para o trabalho realizado.

Gostaria também de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), PROEX, CAPES, PROPP, FAPEMIG e PETROBRAS pelos recursos financeiros disponibilizados.

REFERÊNCIAS

BERTHELSEN, P. A.; FALTINSEN, O. M. **A local directional ghost cell approach for incompressible viscous flow problem with irregular boundaries.** Journal of Computational Physics, 227(9):4354-4397, 2008

KOUMOUTSAKOS, P.; SHIELS, D. **Simulations of the viscous flow normal to an impulsively started and uniformly accelerated flat plate.** Journal of Fluid Mechanics, v. 328 177–227, 1996.

TANJI, S.; HONJI, H. **Unsteady flow past a flat plate normal to the direction of motion.** J. Phys. Soc., Jpn. 30 (1) 262– 272, 1971.

MITTAL, R.; IACCARINO, G. **Immersed boundary methods.** Annual Reviews of Fluid Mechanics, v. 37, 239-261, 2005.

RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Henrique Ajuz Holzmann - Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

João Dallamuta - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de Telecomunicações pela UFPR. Especialista em Inteligência de Mercado pela FAE Business School. Mestre em Engenharia pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Sistemas Eletrônicos e Gestão Institucional.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-247-0

