

# AN AN

Congresso Nacional  
de Matemática Aplicada  
e Computacional

**RESUMO DAS  
COMUNICAÇÕES  
PARTE I**

10 a 13 de setembro de 2001  
UNI-BH • Belo Horizonte • MG

## XXIV CNMAC

### XXIV CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL

#### UNI-BH

10-13 DE SETEMBRO DE 2001- BELO HORIZONTE, MG



#### Diretoria

Maria Cristina C. Cunha – Presidente  
Rubens Sampaio - 1º V. Presidente  
Sônia Maria Gomes – 2ª V. Presidente  
José R. B. Coelho – Secretário Geral  
Philippe Remy B. Devloo - 1º Secretário  
Liliane B. Barichello – 2ª Secretária  
Margarida P. Mello – Tesoureira

#### Conselho

Marco Antônio Raupp, LNCC  
José Manoel Balthazar, UNESP  
Carlos Antônio de Moura, UFF  
Vera L. Rocha Lopes, UNICAMP  
Julio C. Ruiz Clayessen, UFRGS  
José Alberto Cuminato, USP  
Célia A. Zorzo Barcelos, UFU  
Martin Tygel, UNICAMP  
Eliana X. L. de Andrade, UNESP  
Sandra Augusta Santos, UNICAMP

#### Divisões Regionais

1. Midori Makino, UFPA
2. Creto A. Vidal, UFCE
5. Tânia Schmitt, UNB
6. Hélio Lopes, PUC-RJ
7. Frederico F. Campos, filho, UFMG
8. Fernando Ramos, INPE
10. Mariangela Amendola, UNICAMP
11. Geraldo Nunes da Silva, UNESP
12. Doherty Andrade, UEM
13. Lício Hernandes Bezerra, UFSC
14. Manuel José M. Negrón, UNISC

#### Comissões Organizadoras

##### Comissão de Programa Científico

Marco Antônio Raupp, LNCC  
Abimael Fernando D. Loula, LNCC  
Sandra Mara Cardoso Malta, LNCC

##### Comissão de Programa de Ensino

Walkíria G. de Andrade, UNI-BH  
Maria do Carmo Vila, UFOP

##### Comissão Prêmio Beatriz Neves

Antônio José da Silva Neto, IPRJ/UERJ  
Francisco D. Moura Neto, IPRJ/UERJ

##### Comissão Organizadora

Leônidas C. Barroso, UNI-BH  
Frederico F. Campos, filho, UFMG  
José R. B. Coelho, INPE  
Magali M. A. Barroso, UNI-BH  
Walkíria G. de Andrade, UNI-BH

##### Comissão de Apoio Administrativo

Ana Cecília T. B. Pires, INPE  
Jacqueline de Melo Guerra, UNI-BH  
Jeane Helena A. Santos, INPE  
Kelly Cristina Teixeira, INPE

##### Comissão Interna de Apoio (UNI-BH)

Adriana Maria Tonini, UNI-BH  
Edite Soares Mafra, UNI-BH  
Érica Gualberto Pongelupe, UNI-BH  
Miriam Lourenço Maia, UNI-BH

# Simulação Numérica do Desprendimento de Vórtices de Cilindros utilizando o Método dos Contornos Virtuais

Moser, C.<sup>1</sup>, De Bortoli, A.<sup>1</sup>, Silvestrini, J.<sup>1,2</sup>,

<sup>1</sup> Programa de pós-graduação em matemática aplicada, UFRGS.

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica, PUCRS.

camoser@mat.ufrgs.br, dbortoli@mat.ufrgs.br, jorgehs@em.pucrs.br.

## Resumo

Uma das principais limitações na simulação numérica da turbulência, seja por Simulação Numérica Direta (DNS) ou Simulação de Grandes Escalas (LES) é o tratamento de geometrias complexas. No contexto LES, a situação é ainda mais complicada, pois erros adicionais são introduzidos quando são utilizadas malhas irregulares e a definição do filtro de corte (para a remoção das pequenas escalas da turbulência) numa malha irregular não é uma tarefa trivial.

Esquemáticamente, a principal dificuldade é obter uma descrição precisa da dinâmica da turbulência mantendo a forma realística da geometria do corpo. Em aplicações de engenharia, a descrição da geometria externa na simulação do escoamento é tradicionalmente favorecida pelo uso de coordenadas *body-fitted* ou de malhas não-estruturadas. O maior problema de tais aproximações é o aumento considerável do custo computacional e a significativa degradação da precisão. No entanto, se for usada uma malha regular, um código eficiente pode ser obtido (em termos de custo computacional e de precisão), mas a princípio isto é limitado a geometrias simples.

Este trabalho apresenta uma aproximação alternativa, permitindo resolver escoamentos sobre geometrias irregulares utilizando uma malha regular. Tal possibilidade é oferecida pelo método dos contornos virtuais, que consiste na introdução de um campo de forças na equação do momento de forma a representar o efeito da condição de contorno sobre esse obstáculo. Este método foi originalmente desenvolvido por Peskin [3] no contexto da dinâmica dos fluidos em válvulas de coração, e mais recentemente por Goldstein *et al* [2], Saiki & Biringen [4] e Fadlun *et al* [1], entre outros.

Neste trabalho será mostrado que o uso de uma malha cartesiana simples com um esquema numérico preciso produz resultados realistas no contexto de DNS (nos regimes de transição e turbulência) de escoamentos ao redor da geometria cilíndrica, para números de Reynolds variando entre 50 e 300 e Strouhal entre 0,131 e 0,209. Da mesma forma, se discutirá diferentes métodos para descrever a fronteira virtual.

## Referências

- [1] FADLUN, E. A., VERZICO, R., ORLANDI, P., AND MOHD-YUSOF, J. Combined immersed-boundary finite-difference methods for three-dimensional complex flow simulations. *J. Comp. Phys.* **161** (2000), 35–60.
- [2] GOLDSTEIN, D., HANDLER, R., AND SIROVICH, L. Modeling a no-slip boundary condition with an external force field. *J. Comp. Phys.* **105** (1993), 354–366.
- [3] PESKIN, C. Flow patterns around heart valves: a numerical method. *J. Comp. Phys.* **10** (1972), 252–271.
- [4] SAIKI, E. M., AND BIRINGEN, S. Numerical simulation of a cylinder in uniform flow: application of a virtual boundary method. *J. Comp. Phys.* **123** (1996).