

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE FLUIDO BIDIMENSIONAL INCOMPRESSÍVEL EM SEÇÕES DE PONTE

Edinei Cesario Zanoni^{a*}, Pedro Henrique de Almeida Konzen^b

^{a*}Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

^b Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Matemática e Estatística, Porto Alegre, RS, Brasil, CEP 91501-970

*e-mail: edinei_czanoni@hotmail.com

DESCRIÇÃO

Neste trabalho discute-se um estudo de simulação computacional de fluido incompressível com obstáculo através de análises feitas com diversos Números de Reynolds para regimes laminares de escoamento. Um dos pontos importantes abordados é o de desempenho e análise das simulações através da variação do número de Reynolds. Tratam-se de resultados preliminares, que fundamentam o objetivo de estudar problemas de interação fluido-estrutura. Para tanto, tomamos como base pesquisas realizadas por engenheiros e matemáticos que desenvolveram algoritmos próprios e estudos de caso, e em especial a pesquisa realizada por Alexandre Braun em sua dissertação de mestrado, intitulada *Um modelo para simulação numérica da ação do vento sobre seções de ponte*[6].

Aqui, busca-se modelar o comportamento do fluido perpassando um obstáculo fixo. Para a análise do movimento do fluido e comportamento do obstáculo, partiu-se das equações de Navier-Stokes (1), auxiliadas pela Equação da continuidade (2).

$$\partial_t \mathbf{v} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} + \nabla p = \nu \Delta \mathbf{v} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0 \quad (2)$$

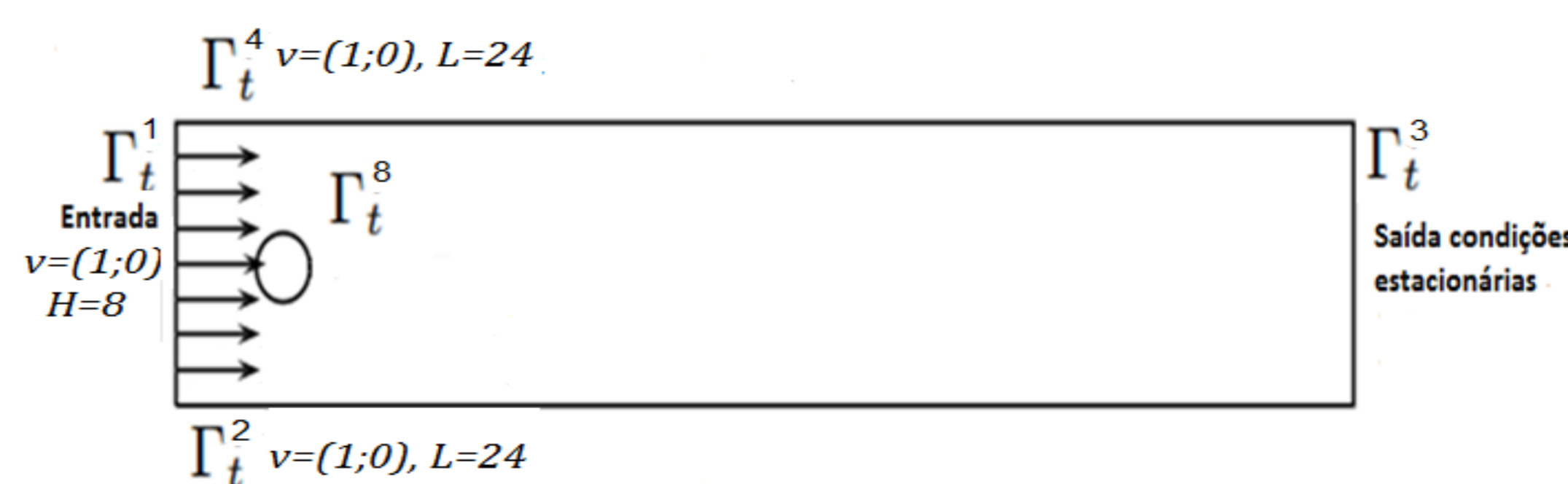


Fig. 1 – Condições de contorno e geometria do problema analisado.

As simulações computacionais foram obtidas via o método de elementos finitos [5], usando o pacote Gascoigne 3D [1, 2]. A discretização no espaço foi feita com elementos quadrangulares lineares e a discretização no tempo com uma combinação de esquemas de Euler implícito e Crank-Nicholson. Em cada passo de tempo, a solução das equações não-lineares é obtida por iteração quasi-Newton, monitorando a razão de convergência das iterações.

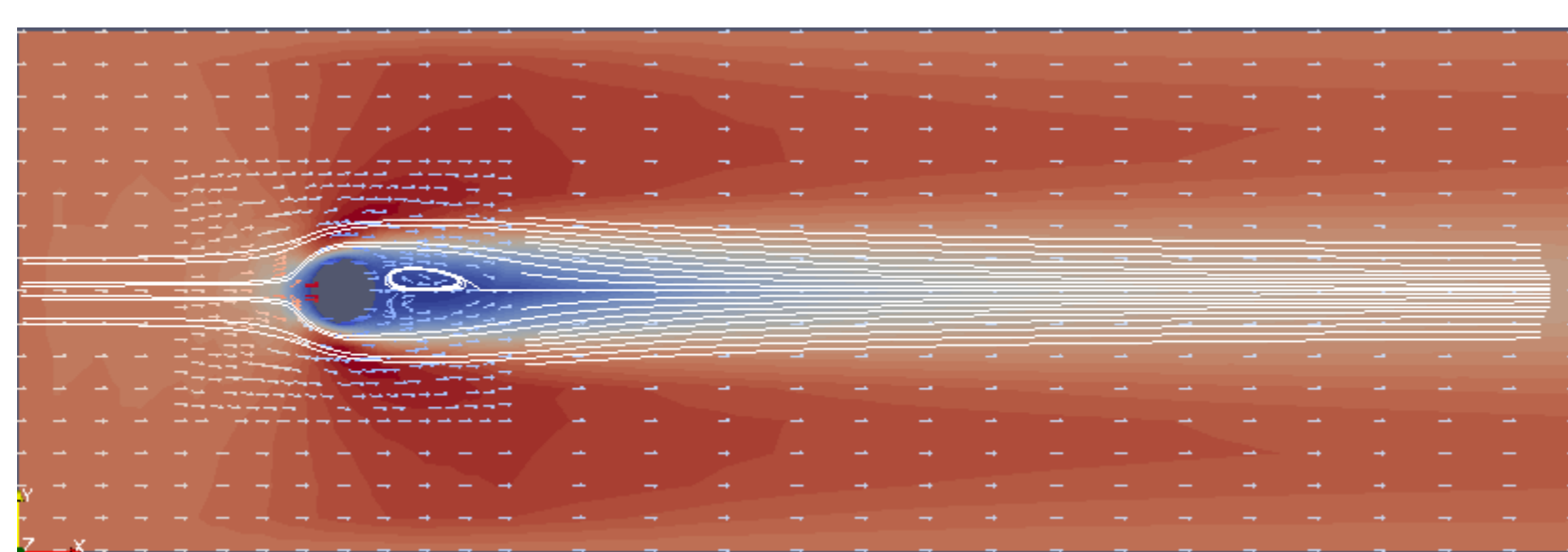


Fig. 2 – Simulação para Reynolds 40

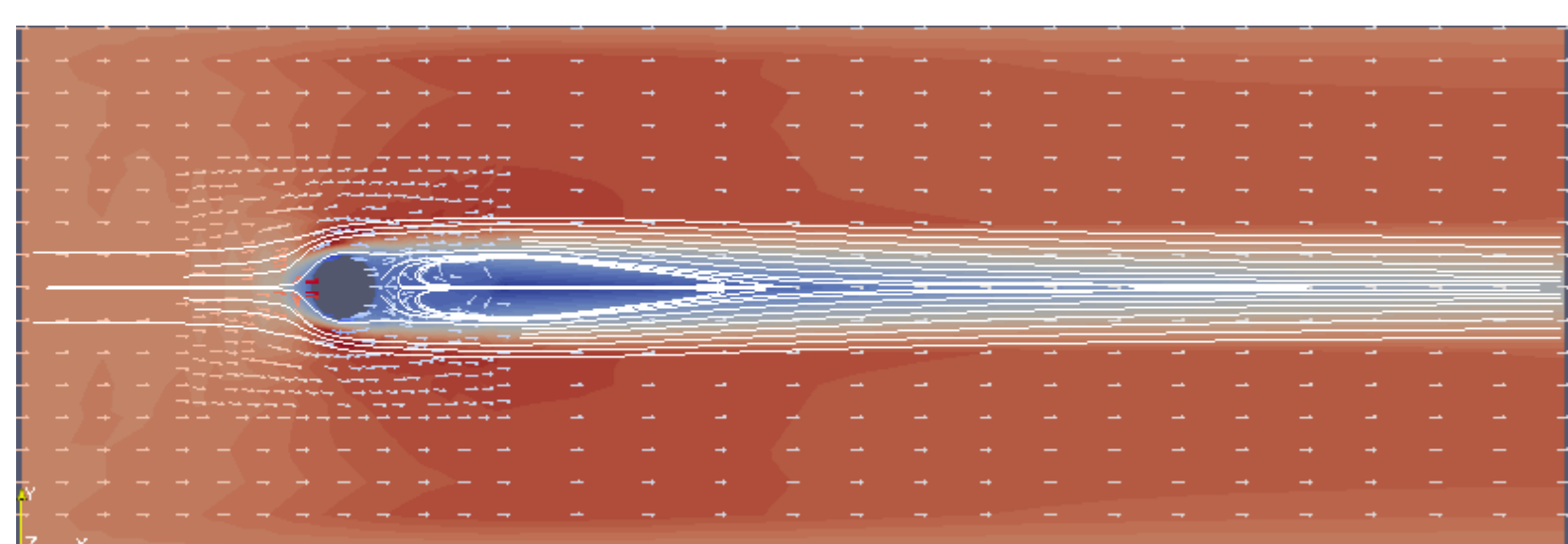


Fig. 3 – Simulação para Reynolds 250

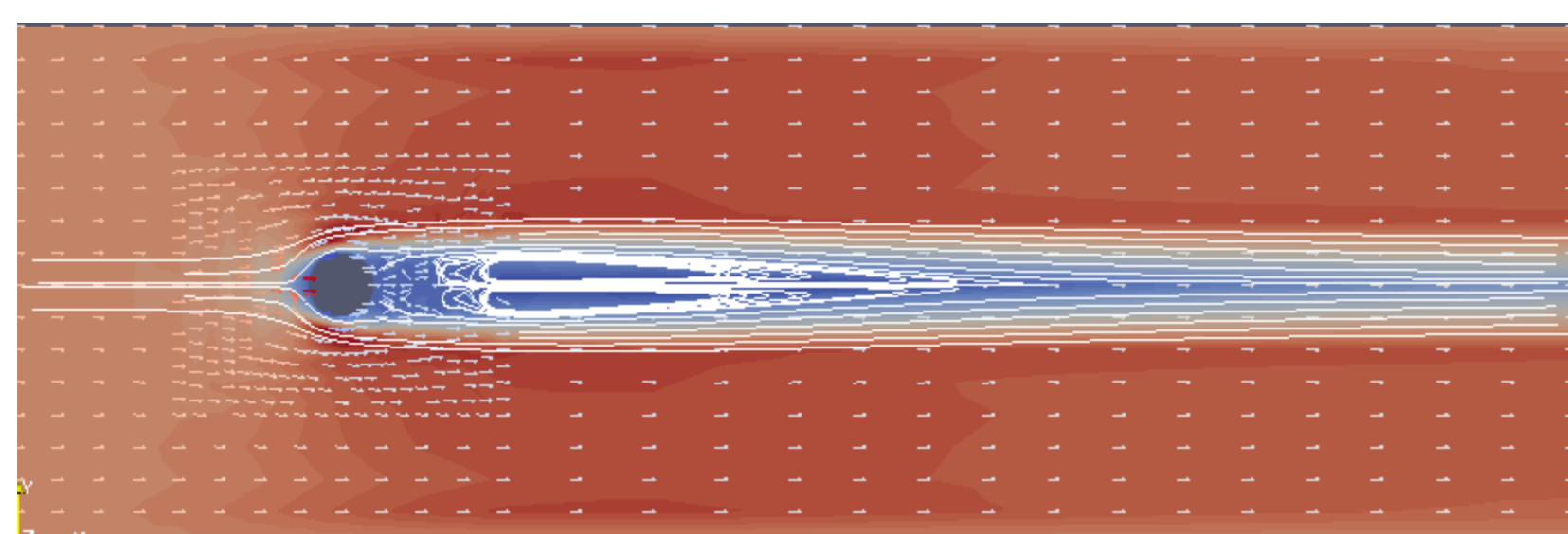


Fig. 4 – Simulação para Reynolds 500

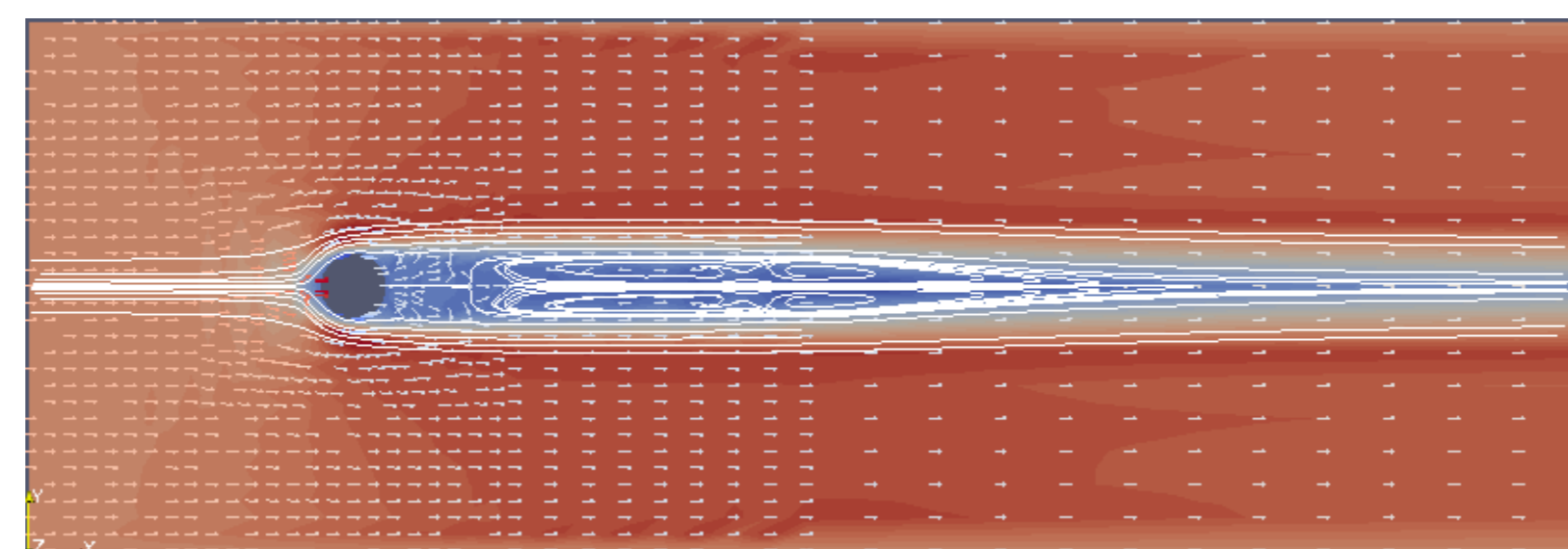


Fig. 5 – Simulação para Reynolds 750

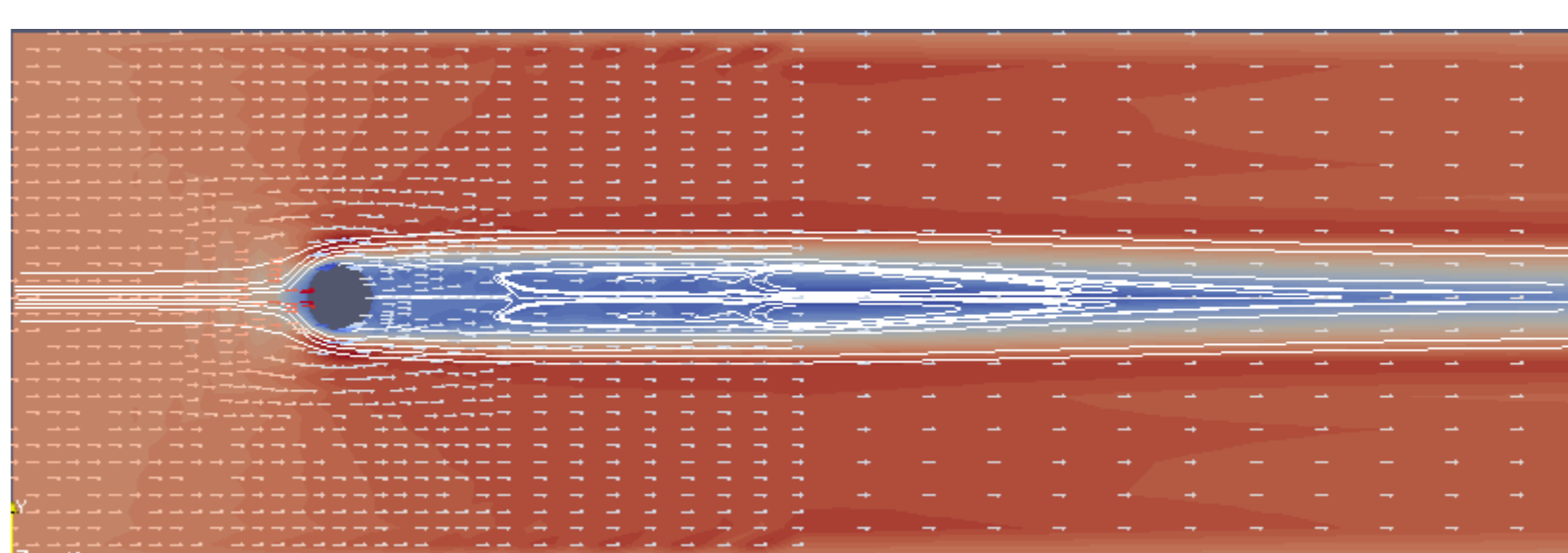


Fig. 6 – Simulação para Reynolds 1000

Nas Figuras 2 e 3, podemos perceber o princípio da formação dos vórtices, quando o fluido atravessa o obstáculo. Na Figura 3, os vórtices tornam-se mais definidos através do domínio.

Conforme o número de Reynolds aumenta, o comprimento dos vórtices aumenta no caminho que passa pelo obstáculo. As Figuras 4 e 5 ilustram a faixa de valores de número de Reynolds que fazem os vórtices começarem a se afastar do obstáculo.

Na Figura 6, que ilustra o movimento do fluido com número de Reynolds 1000, temos um movimento menos uniforme que os anteriores. Isto era esperado, uma vez que o aumento do número de Reynolds implica rastros oscilatórios cada vez maiores.

Este resultado era esperado, uma vez que um aumento desta magnitude do número de Reynolds conduz o fluido à comportamentos próximos do limite entre os regimes de escoamento laminar e turbulento, ou seja, o escoamento que era bem ordenado e previsível nos valores de números de Reynolds mais baixos torna-se, com o tempo, menos previsível e oscilatório conforme os valores de número de Reynolds chegam próximos do limite de transição entre escoamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. R. Becker, M. Braack, e R. Rannacher, Numerical simulation of laminar flames at low mach number with adaptative finite elements., *Combustion Theory and Modelling*, 30(3), 1999, 503-534.
- [2]. M. Braack, *Na Adaptative Finite Element Method for Reactive Flow Problems*, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 1998.
- [3]. Ph. Clement, Approximation by finite element functions using local regularization, *Reactive Flows, Diffusion and Transport*, 9, 1975, 77-84.
- [4]. J.-L. Guermond, Stabilization of Galerkin approximations of transport equations by subgrid modeling, *Modél. Math. Anal. Numér.* 33(6), 1999, 1293-1316.
- [5]. C. Johnson, *Numerical solution of partial differential equations by the finite element method.*, Ed. Dover, 2009.
- [6]. Braun, Alexandre L., *Um modelo para simulação numérica da ação do vento em seções de ponte*. Dissertação, 2003.

COMENTÁRIOS FINAIS

Os resultados apresentados neste trabalho servem de fundamento para estudos futuros da interação do fluido com o objeto. Para tanto, deverá se juntar à modelagem as propriedades elástico-lineares do objeto, permitindo a simulação do movimento relativo deste causado pelo fluido.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela bolsa BIC de Iniciação Científica.