unesp
XXXVII Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica da Unesp
“Ciência e liberdade de pensamento em uma época de extremos”
COORDENAÇÃO ICT

VERIFICAÇÃO NUMÉRICA DO ESCOAMENTO NEWTONIANO EM UMA EXPANSÃO 1:4 POR MEIO DA FORMULAÇÃO CORRENTE-VORTICIDADE

Pedro Henrique Visentini Pantarotto, Irineu Lopes Palhares Junior

Faculdade de Ciências e Tecnologia – Câmpus de Presidente Prudente

Introdução: A alta demanda industrial requer conhecimento e estudos aplicados sobre o escoamento de fluidos, tornando a análise da expansão em dutos e canais relevante no campo da hidrodinâmica. Esse tipo de escoamento está associado à separação de fluxo e à perda de carga, características que o inserem no contexto da hidrodinâmica dos escoamentos internos. Dessa forma, a expansão planar é frequentemente considerada um problema fundamental para a investigação de recirculações e singularidades. O estudo numérico de expansão, em que o alargamento súbito do canal induz regiões de recirculação e alterações significativas no campo de pressão e vorticidade é a motivação para descrever o comportamento do fluido em torno dos cantos de expansão e no desenvolvimento dessas zonas.

Material e Métodos: Representado abaixo, a equação (1) é a forma simplificada da equação de Navier–Stokes em 2D para o sistema e em (2) a equação de Poisson para a função corrente e definição das componentes da velocidade:

(1) $$\frac{\partial \omega}{\partial t}+u\cdot\frac{\partial \omega}{\partial x}+v\cdot\frac{\partial \omega}{\partial y}=\frac{1}{\Re}\cdot\left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2}\right)$$

(2) $$\nabla^2\psi=\omega,\quad u=\frac{\partial \psi}{\partial y} \quad \text{e} \quad v=\frac{-\partial \psi}{\partial x}$$

Onde $\Re$ é o número adimensional de Reynolds, ψ a função corrente e ω a vorticidade, como a velocidade é um vetor, pode ser decomposta em suas componentes u e v. A geometria considerada é um canal bidimensional com uma descontinuidade de altura, caracterizando uma expansão 1:4 (Figura 1). No trecho estreito, impõe-se um perfil de entrada parabólico; as paredes são modeladas com condição de não deslizamento (no-slip) e, na saída, aplica-se condição de Neumann homogêneo. A vorticidade é atualizada explicitamente pelo método de Euler, enquanto o potencial de corrente (ψ) é obtido via iteração de Jacobi. Os resultados numéricos foram exportados em formato VTK, para visualização no ParaView, e em arquivo TXT, utilizado para a plotagem dos Gráficos (Figura 2).

Resultados e Discussão: A geometria do problema de escoamento, como a expansão 1:4 estudada, é conhecida por apresentar comportamentos assintóticos r^λ próximos aos cantos, onde r é a distância radial a quina da expansão. Essa previsão teórica vem da análise assintótica das equações de Stokes em regiões de reentrância, e estabelece que o expoente λ caracteriza a taxa de decaimento ou crescimento das variáveis perto da singularidade geométrica.

Observa-se que, para a componente u, as curvas seguem de maneira consistente a inclinação teórica assintótica $(\lambda \simeq 0.5445)$, capturando corretamente a tendência esperada. Já para a componente v, o ajuste ao comportamento assintótico mostra maior sensibilidade ao número de Reynolds: para $\Re$= 0.1 e $\Re$= 1.0 a concordância é boa, mas em $\Re$= 10.0 percebe-se uma maior dispersão dos pontos, especialmente próximos ao canto da expansão.

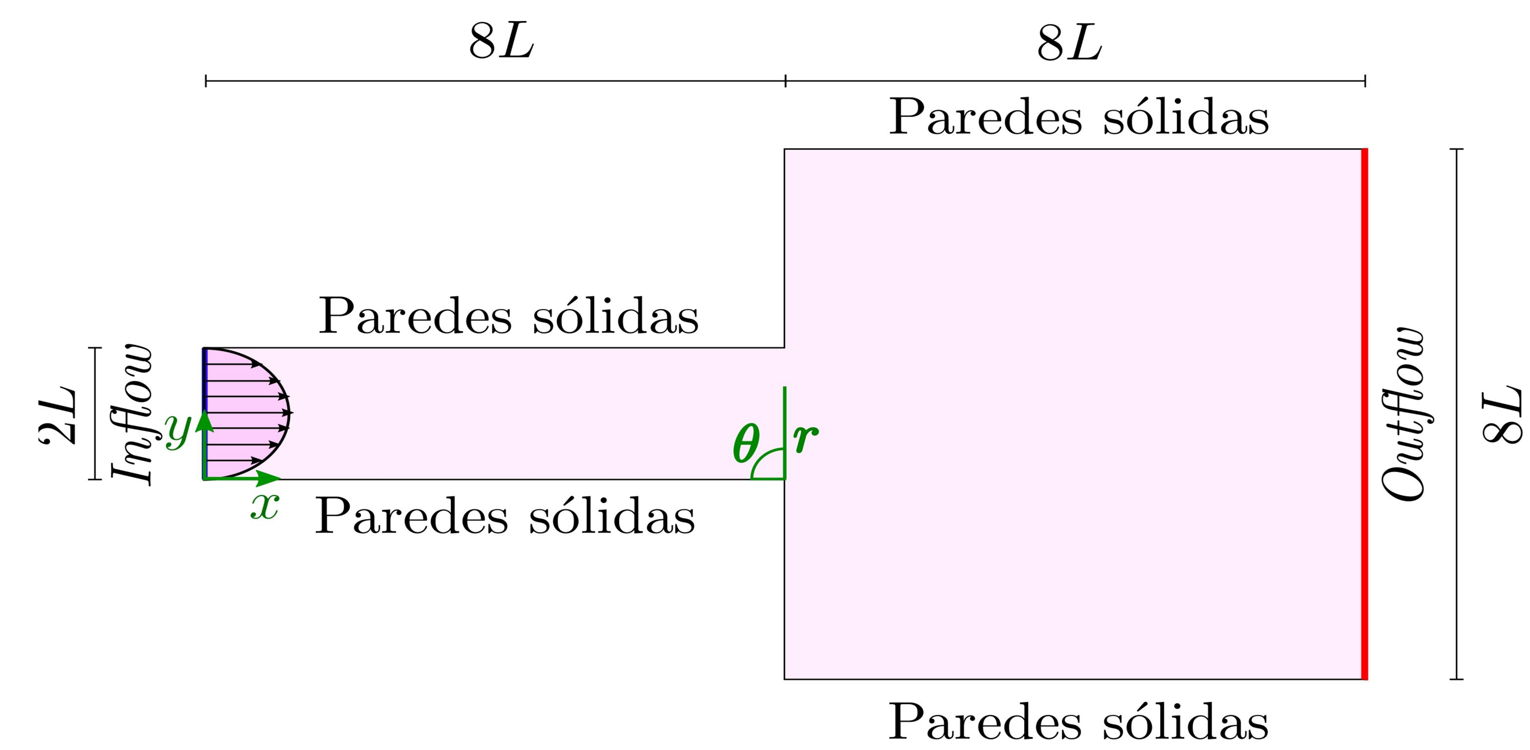

Figura 1. Ilustração da geometria do escoamento em uma expansão 1:4.

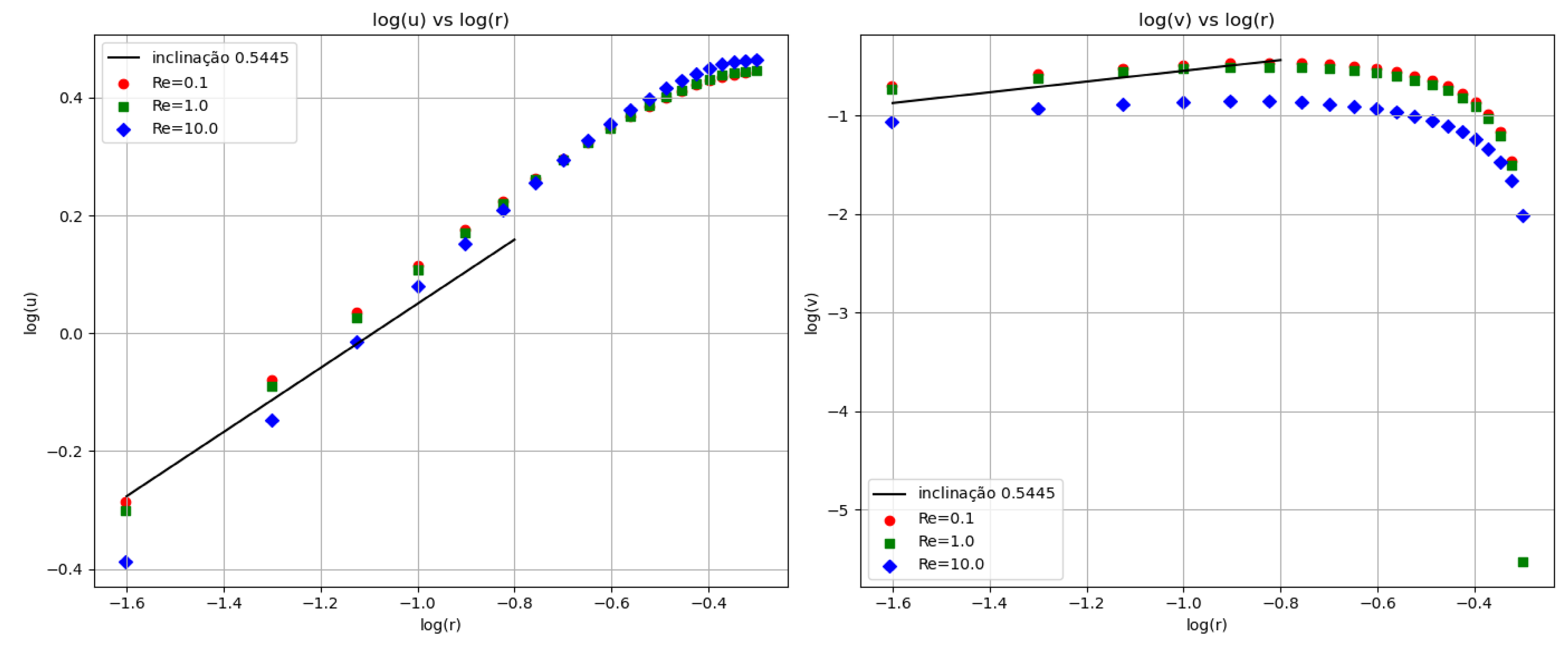

Figura 2. Pós-processamento

Conclusões: A simulação mostrou que os componentes da velocidade seguem o comportamento assintótico previsto. Esse resultado se manteve para diferentes números de Reynolds, indicando que a lei assintótica é robusta em condições viscosas e permitindo identificar a região radial onde o regime teórico se confirma.

Referências:

DEAN, W. R.; MONTAGNON, P. E. On the steady motion of viscous liquid in a corner. ***Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical*** *Society*, vol. 45, no. 3, Cambridge University Press, 1949.

FORTUNA, Armando de Oliveira. ***Técnicas computacionais para dinâmica dos fluidos:*** *conceitos básicos e aplicações*. São Paulo: Edusp, 2000.

MOFFATT, H. Keith. **Viscous and resistive eddies near a sharp corner. *Journal of Fluid Mechanics***, v. 18, n. 1, p. 1-18, 1964.