

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Análise da transferência da energia entre o escoamento base e os modos globais de uma bolha de separação laminar

Amanda Chenu Romano ¹

Elmer Mateus Gennaro ²

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Daniel Rodríguez ³

Universidade Federal Fluminense

A transição do escoamento do regime laminar ao turbulento está geralmente associada com instabilidades do escoamento laminar de referência. Pequenas perturbações crescem em amplitude, extraem energia do escoamento médio, e geram estruturas de amplitudes finitas que iniciam, através de interações não lineares, o processo de transição [1].

Bolhas de separação laminar (LBs) têm o potencial de amplificar as perturbações externas e o comportamento do amplificador manifestado por LSBs não é suficiente para explicar a física envolvida, observada tanto em experimentos como em simulações numéricas e sugere que outros mecanismos de instabilidade devem estar em jogo.

Para entender e identificar os mecanismos de instabilidade responsáveis pela tridimensionalização do escoamento em bolhas de separação laminar, o trabalho se propõe a investigar a transferência de energia cinética entre o escoamento base e os modos globais. A norma para as perturbações é definida pela energia cinética das flutuações integrada num domínio adequado:

$$E_{\Omega} = \|\mathbf{q}'\|_E = \int_{\Omega} (\mathbf{q}')^T \mathbf{R} \mathbf{q}' d\Omega = \int_{\Omega} \mathbf{v}' \cdot \mathbf{v}' d\Omega. \quad (1)$$

Esta definição difere por um fator 1/2 da definição habitual da energia cinética específica. Note-se também o uso da matriz \mathbf{R} como matriz métrica. A equação pode ser derivada para a evolução de E_{Ω} , realizando o produto escalar da equação de conservação de momento com \mathbf{v}' e integrando no volume de controle Ω . O resultado é a equação de energia da perturbação [2].

$$\frac{dE_{\Omega}}{dt} = - \int_{\Omega} \mathbf{v}' \cdot (\mathbf{v}' \cdot \nabla \bar{\mathbf{v}}) d\Omega - \frac{1}{Re} \int_{\Omega} \nabla \mathbf{v}' \cdot \nabla \mathbf{v}' d\Omega. \quad (2)$$

O termo não-linear em equações de Navier-Stokes, assim como o termo de advecção da perturbação pelo escoamento base preservam a energia, e não contribuem na equação (2).

¹amandachenu@hotmail.com

²elmer.gennaro@unesp.br

³danielrodalv84@gmail.com

O segundo termo no lado direito é sempre negativo, e a única possibilidade de adicionar energia ao sistema é através do primeiro termo. Este termo de produção corresponde a energia introduzida pelas tensões de Reynolds das perturbações na presença dos gradientes do escoamento base.

As bolhas foram geradas a partir do modelo computacional descrito em [3] e análise da instabilidade primária e secundária. A partir da identificação das frequências correspondentes das ondas Tollmien-Schlichting que mais se amplificaram [4], analisamos a energia cinética das perturbações e identificamos o termo de produção predominante na geração de turbulência, $-u'v'\frac{\partial U}{\partial y}$.

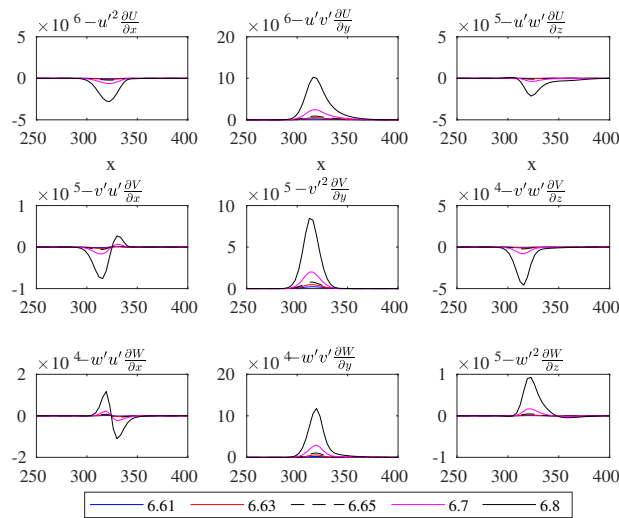


Figura 1: Intensidade dos termos de produção ao longo do plano-YZ.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fapesp (processos 2018/26386-6 e 2017-01586-0) pelo auxílio financeiro.

Referências

- [1] Gennaro, E.M. and Rodríguez, D., 2016. Ferramentas avançadas para a análise de instabilidade global de escoamentos complexos. *Turbulência*, ABCM, pp. 1–100.
- [2] Schmid, P. and Henningson, D., 2001. *Stability and transition in shear flows*. Springer-Verlag.
- [3] Rodríguez, D., Gennaro, E.M. and Juniper, M.P., 2013. The two classes of primary modal instability in laminar separation bubbles. *J. Fluid Mech.*, Vol. 734, p. R4.
- [4] Rodríguez, D. and Gennaro, E.M., 2018. Enhancement of disturbance wave amplification due to the intrinsic three-dimensionalisation of laminar separation bubbles. *The Aeronautical Journal*.