

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Caracterização das bolhas de separação laminares compressíveis através de simulação numérica direta

Bruna Dias Pires de Souza¹

Elmer M. Gennaro²

Univ Estadual Paulista, Campus de São João da Boa Vista, UNESP, São João da Boa Vista, SP

Daniel Rodríguez³

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal Fluminense, UFF, Niteroi, RJ

U. Dallman [2] conjecturou que um mecanismo de instabilidade global pode existir agindo sobre um escoamento de recirculação 2D e que sob uma perturbação infinitesimal origina um escoamento totalmente 3D. Em trabalho anterior [4], os autores recuperaram um modo próprio 3D através das equações de Navier-Stokes incompressíveis linearizadas. Neste trabalho, o objetivo é obter famílias de bolhas estacionárias 2D, que posteriormente possam ser utilizadas como escoamento base para uma análise da estabilidade primária do tipo realizado em [4], mas para escoamento compressível usando as ferramentas apresentadas em [3]. O estudo é realizado através de simulações numéricas diretas (DNS) de um escoamento uniforme sobre uma placa plana sujeita a um gradiente de pressão. O código computacional [1] empregado nestas simulações está implementado em linguagem Fortran e paralelizado com protocolo MPI com estratégias de decomposição de domínio. As equações de Navier-Stokes foram discretizadas espacialmente através de um esquema de diferenças finitas com resolução espectral e integração temporal pelo método de Runge-Kutta de quarta ordem. Os resultados foram obtidos após um estudo de convergência de malha e domínio computacional com resíduo numérico da ordem $\sim 10^{-8}$. As famílias de

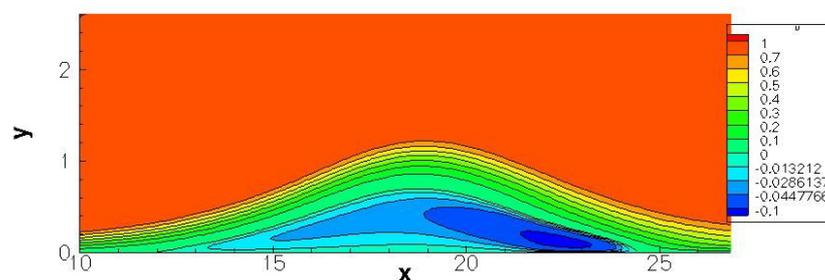


Figura 1: Campo de velocidade u para $Re = 1700$ e $Ma = 0.1$.

¹bdpsouza@gmail.com

²elmer.gennaro@sjbv.unesp.br

³danielrodalv84@gmail.com

Tabela 1: Famílias de bolhas estacionárias 2D.

Re	u_{rev}/U_∞		x_{sep}		x_{reat}	
	Ma=0.1	Ma=0.5	Ma=0.1	Ma=0.5	Ma=0.1	Ma=0.5
500	6,35%		13.21		23.15	
700	7,63%		12.92		23.48	
900	8,84%	3,54%	12.70	14.77	23.72	21.65
1300	11,08%	4,68%	12.34	14.45	24.12	21.97
1700	13,06%	5,73%	12.07	14.23	24.46	22.18
2100	14,66%	6,72%	11.81	14.07	24.68	22.31
2300	15,37%	7,20%	11.72	13.97	24.8	22.39
2500	16,00%		11.67		24.89	

bolhas foram obtidas variando o número de Reynolds (Re) para dois números de Mach (Ma=0.1 e Ma=0.5), os valores dos pontos de separação (x_{sep}), recolamento (x_{reat}) e níveis de intensidade do escoamento reverso (u_{rev}/U_∞), conforme apresentado na Tabela 1. Observou-se que o aumento de (u_{rev}/U_∞) provoca um deslocamento dos pontos de separação e recolamento, e portanto, as bolhas tornam-se maiores, porém ainda estacionárias para níveis inferiores a 16%, em acordo com resultados da literatura. Um campo de velocidade U para um nível de escoamento reverso de 13% é apresentado na Figura 1. Na continuação deste trabalho serão construídos outras famílias de bolhas que serão utilizadas como escoamento base para análise das instabilidades.

Agradecimentos

Os autores agradecem a ProPe/UNESP e a Fapesp pelo auxílio financeiro (processos 2014/24782-0 e 2015/26759-9).

Referências

- [1] L. F. Bergamo, E. M. Gennaro, V. Theofilis, and M. A.F. Medeiros. Compressible modes in a square lid-driven cavity. *Aerospace Science and Technology*, 44:125 – 134, 2015.
- [2] U. Dallmann and G. Schewe. On topological changes of separating flow structures at transition Reynolds numbers. *AIAA-87-1266*, 1987.
- [3] E. M. Gennaro, D. Rodríguez, V Theofilis, and M. A. F. Medeiros. Sparse techniques in global flow instability with application to compressible leading-edge flow. *AIAA Journal*, 51(9):2295 – 2303, 2013.
- [4] D. Rodríguez, E. M. Gennaro, and M. P. Juniper. The two classes of primary modal instability in laminar separation bubbles. *J. Fluid Mech.*, 734:R4, 2013.